This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Offert par M.r J. Simon-Legrand

Emile Légier

Fabrication de l'Alcool de Betterave

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Class

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MANUEL

DE

FABRICATION DE L'ALCOOL DE BETTERAVE

Digitized by Google

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Traité de la Fabrication de l'Alcool, avec BUCHELER. 2 vol., Paris 1899. — Prix : broché, 40 fr.; cartonné, 42 fr. 50. Port en sus.

Manuel de la fabrication du sucre, avec 103 figures dans le texte. Paris 1900.

Histoire des Origines de la Fabrication du Sucre en France. En cours de publication dans le journal *La Sucrerie Indigène et Coloniale.* (Paraîtra à la fin de 1901 en un volume in-8 jésus de plus de 1000 pages.

Digitized by Google

Manuel

de

Fabrication

de

l'Alcool de Betterave

PAR

Emile LÉGIER,

RÉDACTEUR EN CHEF DE *La Sucrerie Indigène et Coloniale*

ANCIEN CHIMISTE DE DISTILLERIE

CHEVALIER DU MÉRITE AGRICOLE

AVEC 117 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS

Aux Bureaux de *La Sucrerie Indigène et Coloniale*

14, RUE DE BELLEFOND

1901

Tous droits réservés.

Digitized by Google

TP 593
L5

GENERAL

Digitized by Google

A. I. L.

AVANT-PROPOS

L'année dernière, à pareille époque, nous faisions paraître un « Manuel de fabrication du sucre » et en tête de ce petit livre nous écrivions les lignes suivantes : « Ecrire un Manuel de fabrication du sucre, à une époque comme celle que nous traversons, dans une période où l'évolution de cette industrie est tellement rapide que les procédés nouveaux aujourd'hui seront démodés demain, peut sembler d'abord d'une hardiesse un peu grande. »

Or, ce que nous disions pour l'industrie sucrière peut s'appliquer avec plus de vérité encore à l'industrie de la distillation dont les progrès sont visibles d'une année à l'autre.

Quels perfectionnements depuis trente ans : fermentations pures, extraction complète du sucre de la racine, rectification continue, telles sont les trois grandes phases de la fabrication de l'alcool qui ont permis d'obtenir le rendement presque théorique en alcool.

Dans ce *Manuel*, nous avons surtout cherché à donner une idée précise de l'industrie actuelle de la distillation et des procédés les plus récents.

Autant que possible, nous avons donné les considérations théoriques qui sont généralement admises

203228

Digitized by Google

et cela le plus impartialement que nous avons pu. Les systèmes ont en effet donné naissance à bien des polémiques qui ne demandent qu'à se rallumer.

Nous avons aussi exposé d'après les idées modernes la théorie des fermentations et dans cette voie — rendant franchement à autrui ce qui lui appartient — nous nous sommes inspiré dans les grandes lignes du remarquable *Traité de microbiologie* de Duclaux. Suivre l'exemple du premier disciple de Pasteur, de celui qui continue son œuvre, c'est s'honorer soi-même et rendre hommage au génie.

Le cadre que nous nous étions tracé ne nous a pas permis de nous étendre comme nous l'aurions voulu sur certains côtés pratiques — plutôt du domaine de l'ouvrier — de cette belle industrie de la distillation, mais on ne peut tout condenser en ces quelques pages. Le distillateur y trouvera cependant, nous l'espérons, du moins, les renseignements dont il aura le plus besoin. Mais s'il lit ce livre qu'il se rappelle que toute œuvre humaine est perfectible et qu'il veuille bien passer sur les imperfections qu'il y rencontrera.

L'AUTEUR.

Paris, le 1er janvier 1901.

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

MANUEL

DE

FABRICATION DE L'ALCOOL DE BETTERAVE

CHAPITRE PREMIER

LA BETTERAVE ET SON ANALYSE

Des conditions d'installation d'une distillerie agricole.

Les distilleries agricoles françaises ne mettent en œuvre que de la betterave, à peu d'exceptions près. Parmi ces exceptions on rencontre des usines qui travaillent des pommes de terre, des topinambours. Les distilleries de maïs et de riz rentrent plutôt dans la catégorie des distilleries industrielles.

Les distilleries agricoles de betteraves peuvent aussi rentrer dans la catégorie des distilleries industrielles lorsqu'on y effectue toutes les opérations de la rectification. Telles sont certaines usines du Nord et du Pas-de-Calais travaillant des grains, des mélasses et des betteraves pendant l'hiver et dont la quantité peut atteindre jusqu'à 600 tonnes de betteraves par jour. On conçoit que des usines de cette importance exercent une concurrence très âpre dans les régions agricoles où se trouvent en même temps de nombreuses fabriques de sucre.

En général, les distilleries de betteraves sont placées dans la ferme, au milieu de l'exploitation agricole. Leur importance varie donc énormément suivant celle de la culture du propriétaire. Les autres conditions économiques sont donc

Digitized by Google

d'importance secondaire sauf pour les grandes distilleries auxquelles nous faisions allusion au début de ce chapitre et la plupart des distilleries agricoles, il faut bien le dire, sont installées d'une façon déplorable au point de vue de l'économie du travail. Bien souvent des frais considérables de transports grèvent les charbons et les produits achevés, surtout lorsque le distillateur ne rectifie pas lui-même ses flegmes et les livre à l'état brut à un rectificateur. Dans ces conditions, le distillateur perd presque tout le bénéfice que pourrait lui donner la fabrication de l'alcool fin.

Ces raisons expliquent suffisamment les crises que la distillerie agricole a subies et qui ont fait que cette industrie était très peu fixe, le distillateur attendant souvent une année favorable pour travailler et laissant son usine chômer lorsque les prix de l'alcool n'étaient pas assez rémunérateurs pour lui permettre de gagner sa vie.

On a souvent comparé, et avec raison, les distilleries de betteraves à des fabriques de pulpes, l'alcool n'étant plus qu'un produit secondaire.

Bien que cette proposition soit assez paradoxale, elle présente une certaine vraisemblance si l'on considère la distillerie de betterave comme exclusivement agricole.

Une distillerie de betterave doit être installée à proximité d'eau pure, abondante et aussi froide que possible. La première condition est importante pour que la fermentation ne soit pas souillée par des ferments étrangers. A ce point de vue il faut proscrire de la proximité de l'usine les puits ou les forages, les fosses à purin et les silos de pulpe qui peuvent contaminer la couche aquifère. La seconde condition, celle de l'abondance, est nécessaire pour la réfrigération des appareils à distiller et le lavage des divers appareils de l'usine.

Quant à l'approvisionnement, il est en général assuré d'une façon régulière par le service de la ferme et par l'ensilage à proximité de la distillerie de la majeure partie de la récolte du propriétaire distillateur.

Ces silos doivent être faits d'une façon très soignée parce que le travail durant plusieurs mois, cinq à six souvent, la betterave doit être protégée contre les rigueurs de l'hiver.

Digitized by Google

Table donnant la quantité de betteraves travaillées par vingt-quatre heures, heure et minute.

BETTERAVES TRAVAILLÉES			BETTERAVES TRAVAILLÉES		
par 24 heures	par heure	par minute	par 24 heures	par heure	par minute
Tonnes	kil.	kil.	Tonnes	kil.	kil.
1	42	1	310	12.916	215
2	83	1	320	13.333	222
3	124	2	330	13.750	229
4	167	3	340	14.166	236
5	208	3	350	14.583	243
6	250	4	360	15.000	250
7	292	5	370	15.416	257
8	333	6	380	15.833	264
9	375	6	390	16.250	271
10	417	7	400	16.666	278
20	833	14	410	17.083	285
30	1.250	21	420	17.500	292
40	1.667	28	430	17.916	299
50	2.083	35	440	18.333	306
60	2.500	42	450	18.750	312
70	2.917	49	460	19.166	319
80	3.333	56	470	19.583	326
90	3.750	62	480	20.000	333
100	4.170	69	490	20.416	340
200	8.333	139	500	20.833	347
210	8.750	146	510	21.250	354
220	9.166	153	520	21.666	361
230	9 583	160	530	22.083	368
240	10.000	167	540	22.500	375
250	10.416	174	550	22.916	382
260	10.833	181	560	23.333	389
270	11.250	187	570	23.750	396
280	11.666	194	580	24.166	403
290	12.083	201	590	24.583	410
300	12.500	208	600	25.000	417

2. La betterave.

La betterave est une plante bisannuelle dont la composition est sujette à de grandes variations dues à de nombreuses causes, parmi lesquelles les principales sont la nature de la graine, le climat, la nature du sol et des engrais, et les conditions climatériques au moment de l'arrachage. On a cherché et on est parvenu à obtenir par la sélection des races de betteraves

Digitized by Google

qui, au point de vue de la richesse et de la fixité de la race, donnent toute satisfaction au distillateur et au cultivateur. La densité qu'on peut considérer comme moyenne pour les betteraves actuellement travaillées dans les distilleries est d'environ 1.060.

Dans les années où les conditions de végétation de la plante n'ont pas été normales et que des périodes prolongées de sécheresse ont modifié la structure anatomique de la plante et la fonction des cellules de la betterave, on constate que la composition du jus est irrégulière, c'est-à-dire que certaines cellules à parenchyme résistant contiennent de l'eau ou un jus plus pauvre, tandis que les autres cellules renferment le jus. Dans ces conditions, au moment du râpage pour l'essai des racines, ces dernières cellules sont plus facilement déchirées que les autres. Dans ce cas, on obtient un jus plus dense que le jus moyen de la racine et, par suite, la teneur saccharine est faussée. On s'approche bien plus du résultat exact en faisant usage de râpes à dents régulières sans être trop fines qui désagrègent suffisamment le tissu cellulaire. A ce point de vue, plus on emploie des râpes à dents fines ou celles dites à taille Keil, plus le phénomène paraît accentué c'est-à-dire que la différence entre le sucre pour 100 grammes de betteraves et celui calculé par le coefficient 95 est grande.

Cette influence de la composition du jus a été fort bien étudiée autrefois par Pellet.

Composition de la betterave. — La betterave se compose de marc et de jus. Sa teneur en marc varie entre 4 et 7, même peut aller jusqu'à 9 p. 100. Dans des essais exacts, on a déterminé le marc par lessivage complet. On peut déterminer simultanément le marc et le sucre par la méthode d'extraction alcoolique de Scheibler. Afin d'éviter l'emploi de méthodes incertaines de dosage du marc, on admet, ce qui est suffisamment exact, que la betterave contient 95 p. 100 de jus et 5 p. 100 de marc. On dose très facilement le marc de la betterave en utilisant la pulpe analysable à froid qu'on lessive à l'eau froide pour la débarrasser du sucre. Cette pulpe est mise dans un petit appareil spécial dû à Pellet. Comme la quantité de marc varie avec la nature du véhicule, l'emploi de l'eau froide donne le résultat le plus exact.

Digitized by Google

Par conséquent, pour obtenir la richesse saccharine de la betterave, il suffit de multiplier par 0,95 la richesse saccharine en poids du jus.

Le marc est constitué par de la cellulose et des cendres, parmi lesquelles la silice et la potasse dominent. Le jus comprend le sucre, l'eau, les cendres et les matières organiques. Ces deux dernières matières se nomment aussi le *non-sucre*. Nous donnerons simplement un aperçu de ces diverses substances. Parmi les matières organiques, on trouve les acides suivants : glycolique, glutarique, oxalique, glyoxylique, malonique, succinique, adipique, tartrique, malique, tricarballylique, aconitique, citrique, oxycitrique, arabique ; plus des corps à fonctions diverses : la métarabine, la parabine, la γ-galactane, la raffinose, le sucre interverti, des pigments colorés, la phytostérine, une résine acide, la vanilline, la coniférine, la pyrocatéchine, la leucine, l'asparagine, la glutamine, la tyrosine, la lécithine, la choline, la bétaïne, des matières albuminoïdes indéterminées, l'acide citrasique.

Les sels sont moins nombreux, ils comprennent les métaux suivants alliés aux acides minéraux et organiques : sodium, calcium, potassium, manganèse, fer, magnésium, aluminium et peut-être lithium. Les acides minéraux sont : les acides sulfurique, phosphorique, chlorhydrique, fluorhydrique, azotique.

Toutes ces substances, dont le nombre s'accroît sans cesse, sont en quantités extrêmement variables, et il serait très difficile de donner la composition moyenne d'une betterave en les faisant toutes intervenir, car quelques-unes, surtout parmi les matières organiques, sont des produits pathologiques ou d'altération de la betterave à sucre ou encore d'autres substances organiques. La plus ou moins grande porportion de ces corps influe sur la densité de la betterave et dès lors sur sa pureté, qui est le rapport de la quantité de sucre à la quantité totale de matières dissoutes, exprimée par 100 dans le jus. Plus ce coefficient est élevé, plus la pureté est grande. On peut dire que le coefficient de pureté ou simplement la pureté d'une betterave varie dans des limites très étendues, soit pour la betterave à sucre ou de distillerie de 78 à 92, et le plus ordinairement de 83 à 88.

Digitized by Google

Nous négligeons à dessein la composition des feuilles de la betterave qui ne rentrent pas à l'usine et qui sont utilisées dans le champ même.

Nous considérons comme une pratique détestable le système de les faire servir à la nourriture des bêtes à cornes ou à laine. Les feuilles de betterave renferment beaucoup de sels et de l'acide oxalique dont l'influence nocive a été fort bien étudiée récemment. Il est donc préférable de laisser ces *fanes* sur le champ et de les enfouir par un labour.

Avant de passer au travail de la betterave, nous examinerons les procédés qui permettent d'en déterminer la valeur.

3. — Dosage du sucre dans la betterave

Les procédés de dosage du sucre dans la betterave sont nombreux. Il y a les *Procédés indirects* et les *Procédés directs*.

PROCÉDÉS INDIRECTS

Procédé avec emploi du saccharimètre. — Les *procédés indirects*

Fig. 1. -- Rape a dents de scie.

sont ceux qui étaient anciennement employés et qui, aujour-

Digitized by Google

d'hui, ont été en général remplacés par les *Procédés directs*. Néanmoins, comme parfois ils peuvent permettre d'avoir un renseignement approximatif assez rapide de la valeur d'une betterave, nous les décrirons succinctement. Ainsi que l'indique son nom, ce procédé ne dose pas le sucre dans la betterave directement, mais on y parvient indirectement par l'analyse du jus. Ensuite on adopte un coefficient pour passer de la richesse du jus à la richesse de la betterave.

Analyse du jus de betterave. Dosage du sucre. — On prend un échantillon aussi moyen que possible des betteraves à analyser. Nous n'avons pas besoin de dire que les racines étant séparément de richesse très variable, il est indispensable de faire un grand nombre d'essais journaliers sur 10, 12 ou 20 betteraves pour avoir une richesse moyenne approximative. Chaque betterave est coupée en deux, puis chaque moitié en deux.

Fig. 2. — Presse différentielle.

Les quarts sont passés à la *rape cylindrique à dents* et la pulpe est fortement pressée (fig. 1). Le jus obtenu est analysé comme il sera dit plus loin.

Au lieu de râpe cylindrique, il est préférable de présenter directement chaque racine à la râpe conique rationnelle de Pellet et Lomont (fig. 3 et 4), à l'effet d'obtenir de suite un échantillon moyen prélevé sur toute la longueur de chaque racine. La pulpe mélangée est pressée fortement.

Analyse du jus. Densité. — On prend d'abord la densité du jus recueilli à l'aide du densimètre ordinaire. Mais pour la distillerie la graduation n'est pas complète. On ne met pas par

Digitized by Google

exemple 1000 — pour la densité de l'eau. On marque le point 0. Pour 1010 on ne met que le chiffre 1, c'est-à-dire que la graduation lue doit être augmentée de 10 avant le degré constaté. Ainsi en lisant sur le densimètre 5°,7, la densité exacte est 105,7 ou 105 gr. 7 les 100 centimètres cubes. On dit plus couramment 1057. Et ensuite on indique les dixièmes. Ainsi le de gré de 6.74 est transformé en 1067.4. C'est le poids du litre du jus essayé.

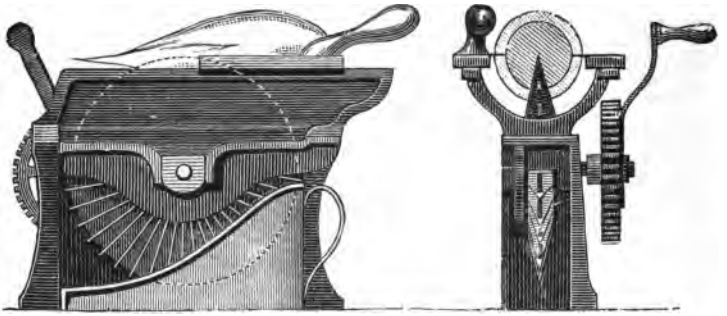


Fig. 3. — Détail de la rape rationnelle.

On note la température et on corrige le degré lu d'après la table suivante de Dupont. V. pages 10 et 11. La prise de la densité doit se faire sur du jus qu'on a laissé quelques minutes en repos. La correction de la température peut encore être faite au moyen de la table officielle suivante, publiée par le ministère des finances à l'usage des sucreries.

Table des corrections à faire subir à la densité apparente par suite de la température.

Température	A retrancher du degré régie	Température	A ajouter au degré régie	Température	A ajouter au degré régie
—	—	—	—	—	—
0	0.20	16	0,02	29	0,37
1	0,19	17	0,05	30	0,40
2	0,18	18	0,07	31	0,43
3	0,17	19	0,10	32	0,46
4	0,16	20	0,12	33	0,49
5	0,15	21	0,15	34	0,52
6	0,14	22	0,17	35	0,55
7	0,13	23	0,20	36	0,60
8	0,12	24	0,22	37	0,64
9	0,11	25	0,25	38	0,67
10	0,10	26	0,28	39	0,70
11	0,09	27	0,31	40	0,74
12	0,07	28	0,34		
13	0,05				
14	0,02				
15	—				

Digitized by Google

Soit lu sur le densimètre 1075, ce que l'on énonce 7,5 degré régie.

Soit lu sur le thermomètre 19 degrés centigrades, on cherchera 19 dans la colonne des températures et on verra dans l'autre colonne qu'il faut ajouter 0 degré 1 dixième (degré régie) au résultat trouvé, ce qui donne pour densité du jus :

$$7{,}5 + 0{,}1 = 7{,}6 \text{ (degré régie) ou } 1076.$$

Fig. 4. — Rape rationnelle Pellet et Lomont.

Le plus généralement on reçoit le jus dans une éprouvette ou un vase ayant un robinet à quelques centimètres au-dessus du fond. Les impuretés solides se déposent,la mousse remonte et par le robinet on décante le jus reposé dans une éprouvette spéciale.

Dosage du sucre cristallisable. — On mesure dans un ballon spécial de 100-110 centimètres cubes, 100 centimètres cubes de jus; on complète le volume jusqu'à 110 centimètres cubes avec du sous acétate de plomb. On agite, on filtre et on examine au

Digitized by Google

Table de correction des densités des jus de betteraves

Usage de cette table : Chercher dans la colonne verticale à gauche la température l'instrument : au point d'intersection des deux colonnes

TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES	5°	5°1	5°2	5°3	5°4	5°5	5°6	5°7	5°8	5°9	6°	6°1	6°2	6°3	6°4	6°5
1	4,725	4,825	4,925	5,035	5,125	5,225	5,325	5,45	5,55	5,65	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,225
2	4,725	4,85	4,95	5,05	5,15	5,250	5,350	5,45	5,55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25
3	4,75	4,85	4,95	5,05	5,15	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25
4	4,75	4,875	4,975	5,075	5,175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,075	6,175	6,275
5	4,775	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,60	6,1	6,2	6,3
6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,225	6,325
7	4,8	4,925	5,025	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,950	6,05	6,15	6,25	6,35
8	4,825	4,95	5,05	5,15	5,25	5,35	5,45	5,550	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25	6,35
9	4,85	4,975	5,075	5,175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,075	6,175	6,275	6,375
10	4,875	4,975	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5 9	6,	6,1	6,2	6,3	6,4
11	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,225	6,325	6,425
12	4,925	5,025	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,05	6,15	6,25	6,35	6,455
13	4,950	5,05	5,15	5,25	5,35	5,45	5,55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25	6,375	6,475
14	4,975	5,075	5,175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,75	5,875	5,975	6,075	6,175	6,275	6,375	6,475
15	5°	5°1	5°2	5°3	5°4	5°5	5°6	5°7	5°8	5°9	6°	6°1	6°2	6°3	6°4	6°5
16	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,925	6,025	6,125	6,225	6,325	6,425	6,525
17	5,025	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,15	6,25	6,35	6,45	6,550
18	5,05	5,150	5,25	5,35	5,45	5,55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25	6,35	6,45	6,550
19	5,075	5,15	5,275	5,35	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,075	6,175	6,275	6,375	6,475	6,575
20	5,1	5,175	5,275	5,375	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6
21	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,025	6,125	6,225	6,325	6,425	6,525	6,625
22	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,15	6,25	6,35	6,45	6,55	6,650
23	5,15	5,250	5,35	5,45	5,55	5,65	5,750	5,85	5,95	6,05	6,175	6,275	6,375	6,475	6,575	6,775
24	5,175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,075	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7
25	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,225	6,325	6,425	6,525	6,625	6,725
26	5,223	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,25	6,35	6,45	6,55	6,65	6,750
27	5,25	5,35	5,45	5,55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,275	6,375	6,475	6,575	6,675	6,775
28	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,075	6,175	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8
29	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,325	6,425	6,525	6,625	6,725	6,825
30	5,3	5,4	5,5	5,7	5,7	5,8	5,925	6,025	6,125	6,225	6,35	6,45	6,55	6,55	7,75	6,850

saccharimètre le liquide clair mis dans un tube de 200 millimètres de longueur.

Au nombre trouvé on ajoute 1/10 ou on le multiplie directement par 0,1792 pour le polarimètre Laurent ou par 0,28653 pour le polarimètre allemand. Si l'on a ajouté le dixième, ces deux facteurs sont 0,163 et 0,26048. On obtient ainsi le sucre dans 100 centimètres cubes. Pour transformer en poids on divise le sucre par hectolitre par la densité.

Le résultat, par suite de la présence du précipité plombique et de la présence de matières polarisant à droite, est un peu trop élevé. En pratique l'erreur qui peut atteindre 0,1 à 0,3 est négligée. Scheibler indique de faire une correction de 0,17 p. 100 de sucre.

RICHESSE DE LA BETTERAVE D'APRÈS LA DENSITÉ DU JUS

Quoique la richesse de la betterave ne soit pas toujours

Digitized by Google

suivant les températures d'après F. Dupont

observée et dans la colonne horizontale supérieure la densité marquée par lire le chiffre de la densité ramenée à 15° C.

TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES

6°6	6°7	6°8	6°9	7°	7°1	7°2	7°3	7°4	7°5	7°6	7°7	7°8	7°9	8°	
6,325	6,425	6,525	6,625	6,725	6,825	6,925	7,	7,1	7,2	7,3	7,4	7,475	7,575	7,675	1
6,35	6,450	6,55	6,65	6,75	6,85	6,95	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,5	7,6	7,7	2
6,35	6,450	6,55	6,65	6,75	6,85	6,95	7,05	7,15	7,250	7,35	7,45	7,525	7,625	7,725	3
6,375	6,475	6,575	6,675	6,775	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,55	7,65	7,75	4
6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,	7,	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,575	7,675	7,775	5
6,425	6,525	6,625	6,725	6,825	6,925	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,6	7,7	7,8	6
6,45	6,55	6,65	6,75	6,85	6,95	7,05	7,15	7,25	7,35	7,45	7,55	7,625	7,725	7,825	7
6,45	6,575	6,675	6,75	6,85	6,95	7,05	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,65	7,73	7,85	8
6,475	6,575	6,675	6,775	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	9
6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	10
6,525	6,625	6,725	6,825	6,925	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	11
6,55	6,65	6,75	6,85	6,950	7,05	7,15	7,25	7,35	7,45	7,55	7,65	7,750	7,85	7,95	12
6,575	6,675	6,75	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	13
6,575	6,675	6,775	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	8,	14
6°6	**6°7**	**6°8**	**6° 9**	**7°**	**7°1**	**7°2**	**7°3**	**7°4**	**7°5**	**7°6**	**7°7**	**7°8**	**7°9**	**8°**	15
6,625	6,725	6,825	6,925	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	8,025	16
6,65	6,750	6,850	6,950	7,050	7,150	7,250	7,350	7,45	7,55	7,65	7,75	7,85	7,95	8,05	17
6,65	6,750	6,850	6,950	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	8,075	18
6,675	6,775	6,875	6,975	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,	19
6,7	6,8	6,9	7,	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	8,025	8,125	20
6,725	6,825	6,925	7,025	7,150	7,250	7,350	7,45	7,550	7,65	7,75	7,85	7,95	8,05	8,150	21
6,75	6,850	6,950	7,050	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	8,075	8,175	22
6,775	6,875	6,975	7,075	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,1	8,2	23
6,8	6,9	7,	7,1	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	8,025	8,125	8,225	24
6,825	6,925	7,025	7,125	7,250	7,350	7,450	7,550	7,65	7,75	7,85	7,95	8,050	8,15	8,25	25
6,85	6,950	7,050	7,150	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	8,075	8,175	8,275	26
6,875	6,975	7,075	7,175	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,1	8,2	8,3	27
6,9	7,	7,1	7,2	7,325	7,450	7,525	7,625	7,750	7,85	7,950	8,05	8,15	8,25	8,350	28
6,925	7,025	7,125	7,225	7,375	7,475	7,575	7,65	7,775	7,875	7,975	8,075	8,175	8,275	8,355	29
6,95	7,050	7,150	7,250	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,1	8,2	8,3	8,4	30

exactement en rapport avec la densité du jus, on observe néanmoins qu'en moyenne il y a une certaine relation. Aussi a-t-on pu dresser des tables de concordance qui peuvent rendre quelques services (Pagnoul, Petrucci, Pellet).

Le tableau suivant simplifie les calculs lorsqu'on veut passer de la richesse du jus par hectolitre à la richesse pour 100 kil. de betteraves.

Il est basé sur la formule suivante : Sucre dans la betterave = sucre par hectol. $\times \frac{95}{100 \times D}$ Or, si l'on calcule le facteur $\frac{100\ D}{95} = L$, il suffira de multiplier le sucre par hectolitre par L.

Par exemple un jus contient 15 kil. de sucre par hectolitre. La richesse de la betterave sera $15 \times 0.892 = 13{,}38$, si la densité est 1,065.

Digitized by Google

D	L	D	L	D	L	D	L
1.050	0.905	1.060	0.896	1.070	0.888	1.080	0.88
1	0.904	1	0.895	1	0.887	1	0.8795
2	0.903	2	0.8945	2	0.8855	2	0.8785
3	0 9025	3	0.8935	3	0.8855	3	0.8775
4	0.9015	4	0.893	4	0.885	4	0.877
5	0.9005	5	0.892	5	0.884	5	0.876
6	0.8995	6	0.891	6	0.883	6	0.875
7	0 899	7	0.8905	7	0.882	7	0.8745
8	0.898	8	0.8895	8	0.8815	8	0.8735
9	0.897	9	0.889	9	0.881	9	0 873

Tableau de concordance entre la densité réelle ou poids du litre à + 15°, les degrés Vivien et les degrés Brix-Dupont à + 15°.

Densité réelle ou poids du litre à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/o cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.	Densité réelle ou poids du litre à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/o cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.	Densité réelle ou poids du litre à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/o cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.
99.8	0.000	0.000	3.3	8.849	8.565	6.8	18.016	16.869
99.6	0.000	0.000	3 4	9.110	8.809	6.9	18.280	17.090
100.»	0.2 9	0 219	3.5	9.371	9.054			
100.1	0.480	0.479	3.6	9.633	9.298	107.»	18.544	17.330
0.2	0.742	0.738	3.7	9.894	9.541	7.1	18.810	17 502
0.3	0.003	0.997	3.8	10.155	9.783	7.2	19.076	17.794
0.4	1.265	1.255	3.9	10.416	10.026	7.3	19.342	18.025
0.5	1.526	1.516				7.4	19.608	18.257
0.6	1.788	1.776	104.»	10.678	10.267	7.5	19.874	18.487
0.7	2.049	2.034	4.1	10.939	10.508	7.6	20.140	18.716
0.8	2.311	2.291	4.2	11.200	10.748	7.7	20.406	18.945
0.9	2.572	2.548	4.3	11.461	10.988	7.8	20.672	19.174
			4.4	11.722	11.227	7.9	20.938	19.403
100.»	2.834	2.805	4.5	11.984	11.467			
1.1	3.097	3.064	4 6	12.245	11.706	108.»	21.204	19.663
1.2	3.360	3.320	4.7	12.506	11.944	8.1	21.467	19.858
1.3	3.623	3 576	4.8	12.767	12.182	8.2	21.730	20.083
1.4	3.885	3.832	4.9	13.028	12.420	8.3	21.993	20.307
1.5	4.147	4.085				8.4	22.256	20.530
1.6	4.410	4.338	105.»	13.290	12.658	8.5	22.519	20.754
1.7	4.673	4.590	5.1	13.552	12 895	8.6	22.872	20.977
1.8	4.932	4.842	5.2	13.814	13.131	8.7	23.045	21.199
1.9	4.194	5.093	5.3	14.076	13.367	8.8	23.308	21.421
			5.4	14.338	13.602	8.9	23 571	21.642
102 »	5.453	5.346	5.5	14.600	13.838			
2.1	5.714	5.596	5.6	14.862	14.073	109.»	23.833	21.865
2.2	5.975	5.846	5.7	15.124	14.308	9.1	24.094	22.084
2.3	6.236	6.095	5.8	15.386	14.542	9.2	24.356	22.303
2.4	6.497	6.343	5.9	15.649	14.777	9.3	24.617	22.521
2.5	6.758	6.592				9.4	24.879	22.541
2.6	7.020	6.841	106.»	19.912	15.011	9.5	25.141	22.959
2.7	7.281	7.089	6.1	16.175	15.245	9.6	25.402	23.177
2.8	7.542	7.336	6.2	16.438	15.477	9.7	25.661	23.395
2.9	7.801	7.583	6.3	16.701	15.710	9.8	25.925	23.612
			6.4	16.964	15.943	9.9	26.187	23.829
103.»	8.066	7.831	6.5	17.227	15.175			
3.1	8.327	8.076	6.6	17.490	15.407	110.»	26.450	24.045
3.2	8.588	8.321	6.7	17.753	15.638			

Digitized by Google

Comparaison entre les degrés saccharométriques (Brix-Dupont et Vivier) les poids spécifiques et les degrés Baumé pour les dissolutions de sucre à la température de 15° C.

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé		Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens				Nouveaux corrigés	Anciens
0,0	0,0	0,99916	0,0	0,0	5,7	5,83	1,022	3,25	3,1
0,1	0,1	0,99958	0,1	0,1	5,8	5,93	1,022	3,3	3,2
0,2	0,2	0,99989	0,1	0,1	5,9	6,03	1,023	3,4	3,3
0,3	0,3	1,000	0,2	0,2	6 »	6,13	1,023	3,45	3,3
0,4	0,4	1,000	0,2	0,2					
0,5	0,5	1,001	0,3	0,3	6,1	6,23	1,024	3,5	3,4
0,6	0,6	1,001	0,3	0,3	6,2	6,33	1,024	3,5	3,4
0,7	0,7	1,002	0,4	0,4	6,3	6,44	1,025	3,55	3,4
0,8	0,8	1,002	0,4	0,4	6,4	6,56	1,025	3,6	3,5
0,9	0,9	1,003	0,5	0,5	6,5	6,66	1,025	3,7	3,6
1 »	1 »	1,003	0,6	0,55	6,6	6,77	1,025	3,75	3,6
					6,7	6,87	1,026	3,8	3,7
1,1	1,1	1,003	0,6	0,6	6,8	6,98	1,026	3,85	3,7
1,2	1,2	1,003	0,65	0,65	6,9	7,08	1,027	3,9	3,8
1,3	1,3	1,004	0,7	0,7	7 »	7,19	1,027	3,95	3,35
1,4	1,4	1,004	0,75	0,75					
1,5	1,5	1,004	0,8	0,8	7,1	7,30	1,027	4 »	3,9
1,6	1,6	1,005	0,9	0,9	7,2	7,40	1,028	4,1	4 »
1,7	1,7	1,005	0,9	1,0	7,3	7,50	1,028	4,1	4 »
1,8	1,82	1,006	1 »	1,0	7,4	7,61	1,028	4,2	4,1
1,9	1,92	1,006	1,1	1,1	7,5	7,71	1,029	4,2	4,1
2 »	2,02	1,007	1,1	1,1	7,6	7,82	1,029	4,3	4,2
					7,7	7,93	1,029	4,35	4,25
2,1	2,12	1,007	1,2	1,2	7,8	8,01	1,030	4,4	4,3
2,2	2,22	1,008	1,2	1,2	7,9	8,15	1,030	4,5	4,4
2,3	2,32	1,008	1,3	1,3	8 »	8,25	1,031	4,5	4,4
2,4	2,42	1,008	1,3	1,3					
2,5	2,52	1,009	1,4	1,4	8,1	8,35	1,031	4,6	4,5
2,6	2,62	1,009	1,5	1,4	8,2	8,46	1,032	4,6	4,5
2,7	2,73	1,009	1,5	1,5	8,3	8,57	1,032	4,7	4,6
2,8	2,84	1,010	1,5	1,5	8,4	8,68	1,032	4,7	4,6
2,9	2,94	1,010	1,6	1,6	8,5	8,79	1,033	4,8	4,7
3 »	3,04	1,010	1,7	1,75	8,6	8,89	1,033	4,85	4,75
					8,7	8,99	1,033	4,9	4,8
3,1	3,14	1,011	1,7	1,7	8,8	9,11	1,034	4,95	4,85
3,2	3,24	1,012	1,8	1,7	8,9	9,22	1,035	5 »	4,9
3,3	3,35	1,012	1,8	1,8	9 »	9,32	1,035	5,1	5 »
3,4	3,45	1,012	1,9	1,9					
3,5	3,55	1,013	1,9	1,9	9,1	9,4	1,035	5,2	5,05
3,6	3,65	1,013	2 »	2 »	9,2	9,5	1,036	5,2	5,1
3,7	3,76	1,014	2,1	2 »	9,3	9,6	1,036	5,3	5,15
3,8	3,86	1,014	2,1	2,1	9,4	9,75	1,037	5,3	5,2
3,9	3,97	1,014	2,2	2,2	9,5	9,86	1,037	5,4	5,25
4 »	4,07	1,014	2,2	2,2	9,6	9,97	1,037	5,4	5,3
					9,7	10,08	1,038	5,45	5,35
4,1	4,18	1,015	2,3	2,3	9,8	10,18	1,038	5,5	5,4
4,2	4,28	1,015	2,4	2,3	9,9	10,28	1,038	5,55	5,45
4,3	4,38	1,016	2,4	2,4	10 »	10,39	1,039	5,6	5,5
4,4	4,48	1,016	2,5	2,45					
4,5	4,58	1,017	2,55	2,50	10,1	10,50	1,039	5,7	5,6
4,6	4,69	1,017	2,6	2,55	10,2	10,60	1,040	5,7	5,6
4,7	4,79	1,017	2,6	2,6	10,3	10,71	1,040	5,8	5,7
4,8	4,89	1,018	2,7	2,65	10,4	10,82	1,040	5,85	5,75
4,9	4,99	1,018	2,8	2, 7	10,5	10,93	1,041	5,9	5,80
5 »	5,10	1,018	2,9	2, 8	10,6	11,04	1,042	6 »	5,85
					10,7	11,16	1,042	6,1	5,9
5,1	5,2	1,019	3 »	2,9	10,8	11,27	1,042	6,1	6 »
5,2	5,3	1,019	3 »	2,9	10,9	11,37	1,043	6,15	6 »
5,3	5,4	1,020	3,05	2,9	11 »	11,48	1,043	6,2	6,1
5,4	5,51	1,020	3,1	2,95					
5,5	5,61	1,021	3,1	2,9	11,1	11,59	1,043	6,2	6,1
5,6	5,72	1,021	3,2	3,1	11,2	11,71	1,044	6,3	6,2

Digitized by Google

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé		Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens				Nouveaux corrigés	Anciens
11,3	11,81	1,044	6,4	6,25	17,4	18,64	1,070	9,8	9,6
11,4	11,91	1,045	6,45	6,30	17,5	18,75	1,071	9,9	9,7
11,5	12,02	1,045	6,5	6,35	17,6	18,86	1,072	9,9	9,75
11,6	12,13	1,045	6,55	6,40	17,7	18,98	1,072	10 »	9,8
11,7	12,25	1,046	6,6	6,50	17,8	19,09	1,073	10 »	9,85
11,8	12,36	1,046	6,65	6,5	17,9	19,20	1,073	10 »	9,9
11,9	12,46	1,046	6,7	6,6	18 »	19,33	1,073	10,1	9,9
12 »	12,57	1,047	6,75	6,65					
					18,1	19,45	1,073	10,1	9,9
12,1	12,68	1,048	6,8	6,7	18,2	19,56	1,073	10,2	10 »
12,2	12,79	1,048	6,85	6,75	18,3	19,60	1,073	10,2	10 »
12,3	12,90	1,048	6,95	6,8	18,4	19,78	1,074	10,3	10,1
12,4	13,02	1,049	7 »	6,85	18,5	19,89	1,075	10,4	10,2
12,5	13,11	1,050	7,1	6,9	18,6	20,00	1,075	10,4	10,2
12,6	13,23	1,050	7,15	6,95	18,7	20,12	1,075	10,5	10,2
12,7	13,33	1,050	7,2	7 »	18,8	20,24	1,076	10,5	10,3
12,8	13,46	1,051	7,2	7 »	18,9	20,36	1,076	10,6	10,3
12,9	13,56	1,051	7,2	7,1	19 »	20,47	1,077	10,6	10,4
13 »	13,66	1,051	7,3	7,2					
					19,1	20,58	1,077	10,6	10,5
13,1	13,79	1,052	7,4	7,25	19,2	20,69	1,077	10,7	10,6
13,2	13,89	1,052	7,4	7,3	19,3	20,81	1,078	10,7	10,6
13,3	14,02	1,053	7,5	7,35	19,4	20,92	1,078	10,8	10,7
13,4	14,12	1,053	7,5	7,4	19,5	21,03	1,079	10,9	10,7
13,5	14,23	1,054	7,6	7,45	19,6	21,15	1,079	11 »	10,8
13,6	14,34	1,054	7,6	7,5	19,7	21,27	1,080	11,1	10,9
13,7	14,44	1,054	7,7	7,55	19,8	21,38	1,080	11,1	10,9
13,8	14,55	1,055	7,75	7,6	19,9	21,59	1,081	11,1	11 »
13,9	14,66	1,055	7,8	7,65	20 »	21,60	1,081	11,2	11 »
14 »	14,77	1,056	7,9	7,7					
					20,2	21,85	1,082	11,3	11,1
14,1	14,89	1,056	7,9	7,9	20,4	22,09	1,083	11,4	11,2
14,2	15 »	1,056	8 »	7,9	20,5	22,21	1,084	11,5	11,3
14,3	15,12	1,057	8,1	7,9	20,6	22,33	1,084	11,6	11,4
14,4	15,23	1,058	8,2	7,9	20,8	22,57	1,085	11,7	11,5
14,5	15,35	1,058	8,1	8 »	21 »	22,81	1,085	11,8	11,6
14,6	15,45	1,058	8,3	8 »					
14,7	15,56	1,059	8,3	8,1	21,2	23,05	1,086	11,8	11,6
14,8	15,67	1,059	8,35	8,2	21,4	23,29	1,087	11,9	11,7
14,9	15,78	1,059	8,4	8,2	21,5	23,40	1,088	12 »	11,8
15 »	15,90	1,060	8,4	8,3	21,6	23,50	1,088	12,1	11,9
					21,8	23,75	1,089	12,25	12 »
15,1	16 »	1,060	8,5	8,3	22 »	24 »	1,090	12,3	12,1
15,2	16,13	1,060	8,5	8,4					
15,3	16,23	1,061	8,55	8,4	22,2	24,24	1,091	12,4	12,2
15,4	16,35	1,061	8,3	8,5	22,4	24,47	1,091	12,5	12,3
15,5	16,47	1,062	8,6	8,55	22,5	24,59	1,092	12,6	12,4
15,6	16,58	1,062	8,7	8,6	22,6	24,71	1,092	12,7	12,5
15,7	16,70	1,063	8,8	8,65	22,8	24,95	1,093	12,8	12,5
15,8	16,81	1,063	8,9	8,7	23 »	25,20	1,094	12,85	12,6
15,9	16,93	1,064	8,95	8,75					
16 »	17,04	1,064	9,0	8,8	23,2	25,43	1,095	12,9	12,7
					23,4	25,67	1,096	13 »	12,8
16,1	17,16	1,064	9 »	8,9	23,5	25,79	1,097	13,1	12,9
16,2	17,26	1,065	9,1	8,95	23,6	25,90	1,098	13,2	13 »
16,3	17,37	1,066	9,2	7 »	23,8	26,15	1,099	13,3	13,1
16,4	17,49	1,066	9,3	9,05	24 »	26,40	1,100	13,5	13,2
16,5	17,60	1,067	9,3	9,01					
16,6	17,72	1,067	9,35	9,15	24,2	26,63	1,101	13,6	13,3
16,7	17,83	1,067	9,4	9,2	24,4	26,88	1,102	13,7	13,4
16,8	17,96	1,068	9,4	9,25	24,5	27 »	1,103	13,7	13,5
16,9	17,07	1,068	9,5	9,3	24,6	27,12	1,103	13,8	13,6
17 »	14,18	1,069	9,55	9,35	24,8	27,37	1,104	13,9	13,7
					25 »	27,62	1,104	14 »	13,8
17,1	18,29	1,069	9,6	9,45					
17,2	18,40	1,070	9,6	9,5	25,2	28,06	1,105	14,1	13,9
17,3	18,53	1,070	9,7	9,55	25,4	28,12	1,106	14,2	14 »

Digitized by Google

PROCÉDÉS DIRECTS

Nous avons dit que l'analyse de la betterave par le jus ne donne pas un résultat absolument exact. Le jus recueilli ne représente pas la moyenne parfaite de la composition du jus existant dans la racine. Puis la densité du jus varie avec les râpes, les presses, etc. On a donc cherché à doser le sucre directement dans la betterave.

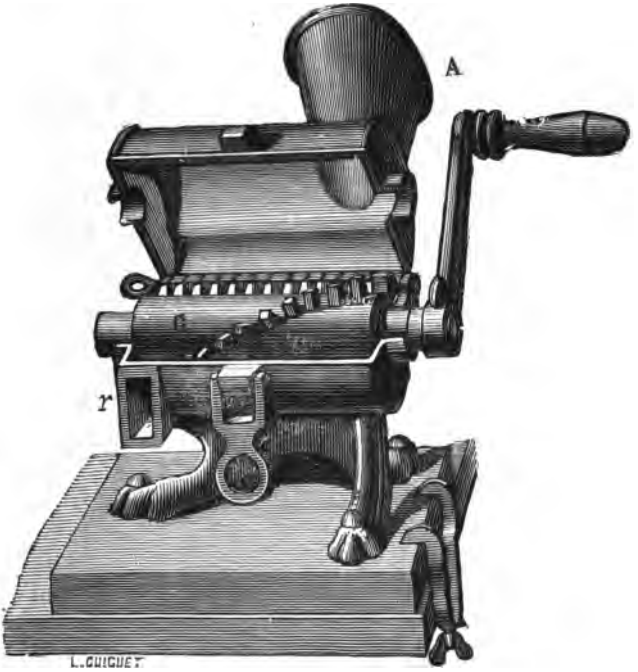


Fig. 5. — Hache-Viande

Il existe un grand nombre de procédés décrits, mais il n'en est resté que quelques-uns appliqués dans la pratique de la distillerie. Ce sont les *méthodes aqueuses*. Il y a deux méthodes, l'une dite *méthode aqueuse par digestion à chaud*; l'autre, *méthode à froid par diffusion instantanée et à froid*. Elles sont dues toutes deux à H. Pellet.

Digitized by Google

Méthode aqueuse par digestion aqueuse à chaud. — On prépare un échantillon de pulpe représentant aussi bien que possible la moyenne des betteraves à analyser, soit à l'aide des râpes coniques, soit des râpes cylindriques, soit des forets-

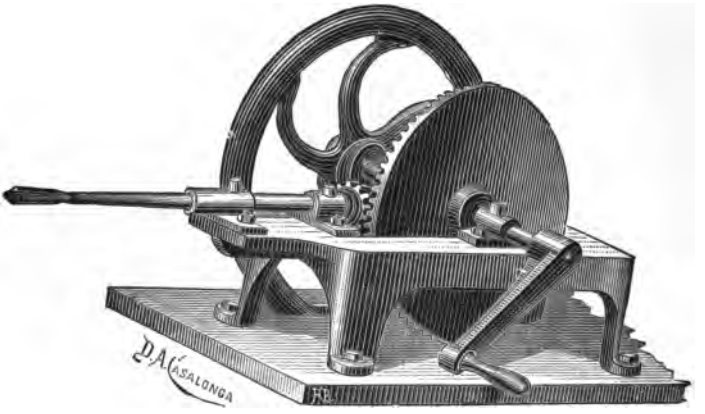


Fig. 6. — Foret-rape.

râpes (fig. 6 et 7), ou par des hache-viande, (fig. 5), en passant de la cossette prélevée au coupe-racines employé dans la sucrerie. On peut prélever un échantillon de cossettes pendant le travail sur chaque diffuseur. Mettre la cossette dans des boîtes fermées et après 2 ou 3 heures préparer un échantillon définitif, en hachant 1 kilogramme de la masse

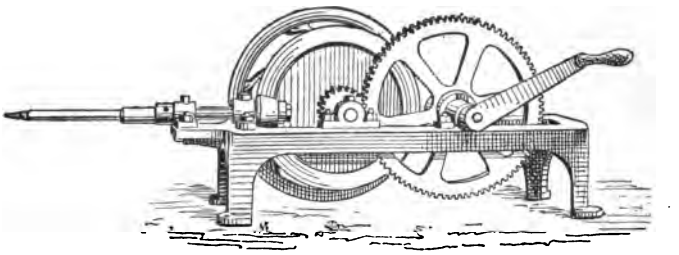


Fig. 7. – Foret-rape

mélangée. On pèse 16,29 ou 26,048 de matière dans une capsule en nickel de forme spéciale. On fait passer la pulpe dans un ballon de 200 centimètres cubes dit de Pellet, ayant un

Digitized by Google

large col à la partie supérieure et portant divers traits indiquant le volume à faire pour tenir compte du marc insoluble et du précipité plombique. On ajoute de l'eau ordinaire, jusqu'à 150-160 centimètres cubes, puis 7 à 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, on agite et on porte au bain-marie presque bouillant. On laisse séjourner 3/4 d'heure à 1 heure en ayant soin d'agiter de temps à autre. La durée de l'opération varie avec le degré de finesse de la pulpe. On complète de suite, au sortir du bain, à peu près le volume; on fait disparaître la mousse par un peu d'éther ou de l'alcool. On laisse refroidir le tout. On complète exactement à 200 cc. 8 ou à 201 cc., 3, suivant le poids normal pesé. On agite et on filtre. Dans la liqueur filtrée, ajouter une ou deux gouttes d'acide acétique cristallisable. Polariser au tube de 400 millimètres de longueur. On a de suite la richesse directe de la betterave pour *cent grammes*. Si l'on n'a pas un saccharimètre à tubes de 400, on utilise le tube de 200 millimètres et le résultat est multiplié par 2.

Jusqu'ici on a cherché un procédé pour le dosage à froid et instantané de la hachure de betteraves, sans y parvenir d'une façon très pratique.

Au lieu de faire un volume variable après la digestion de la betterave réduite en pulpe, pour tenir compte du volume occupé par le marc, on peut modifier le poids de la matière pour ne terminer que le volume constant de 200 centimètres cubes, ce qui évite d'avoir des ballons avec plusieurs traits. Il suffit de changer le poids normal.

On a adopté les chiffres ci-après :

cc.		cc.
avec 16,29	il faut faire	200,80
— 26,048	—	201,35
— 32,54	—	201,60
— 72,096	—	203,70

ou bien pour ne faire que 200 centimètres cubes, il fau peser

16,17	au lieu de	16,29
25,87	—	26,048
32,25	—	32,54
51,40	—	52,096

Méthode par diffusion aqueuse instantanée et à froid. — Cette

Digitized by Google

méthode n'est applicable qu'à une pulpe suffisamment fine. On obtient cette pulpe en passant les betteraves entières à une râpe conique de H. Pellet et Lomont, munie du disque taillé dit de Keil. La pulpe obtenue est bien mélangée et on procède absolument comme s'il s'agissait de l'analyse à chaud. Seulement, on dispose les choses de telle façon qu'on puisse exécuter rapidement un grand nombre d'essais. Par exemple, l'eau est amenée par un tube effilé ayant 50 à 60 centimètres de hauteur, ce qui donne une certaine pression. Le jet est envoyé sur la pulpe pesée qui se trouve introduite directement dans le ballon à col évasé, sans le secours d'un entonnoir, si l'on veut. On met ensuite le sous-acétate de plomb (7 à 10 centimètres cubes). On laisse arriver l'eau jusqu'à 170-180 centimètres et on abat la mousse au moyen de l'éther. On complète le volume de 200 cc. 8 ou 201 cc. 3. On agite et on filtre. On polarise comme précédemment.

Toute l'opération de râpage de 10 betteraves, de pesée, de diffusion, filtration et de polarisation peut être terminée en trois minutes.

Seulement, on le voit, l'échantillonnage n'est possible que sur des *betteraves entières*. Or, quel que soit le nombre de betteraves prélevées et analysées en vingt-quatre heures, le résultat n'est pas absolument exact, car on n'a pas une moyenne vraie de tout ce qui passe au coupe-racines. On a parfois de 0,20 à 0,50 de sucre en plus. La méthode d'analyse par digestion aqueuse à chaud appliquée sur les cossettes est plus exacte,

Modification au procédé à froid de Pellet, pour l'aalyse de la betterave. — Depuis quelques années on a proposé une série de modifications pour l'application de ce procédé. Nous ne parlerons que de la dernière due à M. A. Ledocte, basées sur celle décrite il y a quelques années par Kruger-Lœwenberg et autres. Le principe en est le suivant :

La betterave contient une quantité de marc insoluble peu variable (4 à 6 p. 100). La différence est représentée par du jus. Connaissant sa densité moyenne, on en calcule le volume auquel on ajoute celui du marc et on a ainsi le volume total occupé par un poids donné de pulpe normale. On a admis 4,75 p. 100 du marc, et une densité moyenne de 1070 pour le

Digitized by Google

jus. On peut adopter les bases de la modification Ledocte telles qu'elles ont été indiquées.

On pèse donc 26 gr. 048 de pulpe ou 16 gr. 29 selon le saccharimètre (pour analyse à froid) dans une capsule métallique spéciale tarée, on y ajoute 7 à 10 centimètres de sous-acétate de plomb, et on verse 177 centimètres cubes d'eau ou 185 cc. 6 si l'on a pesé 16 gr. 29. Sur la capsule, on place un couvercle formé d'une plaque de verre entourée de caoutchouc, qu'on maintient à l'aide d'une pression exercée par les deux mains. On agite et on filtre. Le liquide filtré est polarisé comme pour les autres procédés. Le mesurage du sous-acétate de plomb peut se faire séparément ou par une pipette de construction particulière qui se remplit automatiquement et se vide par un tour de robinet.

Fig. 8. — Tube continu de Pellet.

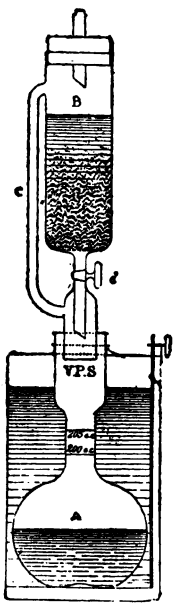


Fig. 9. — Extracteur pour l'analyse des betteraves.

Ce mode opératoire n'a pas au fond un grand avantage sur l'ordinaire, lorsqu'on sait bien le pratiquer. Il y a cependant une chose qui peut présenter un certain intérêt : c'est que par cette méthode on n'a pas à se préoccuper de l'air emprisonné. Quelquefois le volume d'air peut être gênant ou suffisant pour exiger pas mal d'éther. Nous devons dire qu'en pratique ce procédé donne des résultats absolument semblables à ceux qui sont obtenus par la méthode ordinaire aqueuse à froid. Du reste le principe de la diffusion instantanée et à froid est absolument celui de Pellet.

On emploie beaucoup maintenant pour la polarisation des liquides le tube continu de Pellet (1) (Fig. 8).

(1) Nous ne le décrirons pas spécialement. Disons seulement qu'il permet de faire 3, 4, 10 polarisations successives en une minute. Le liquide à polariser entre par une extrémité et chasse le lipuide précédent, qui s'écoule par l'autre extrémité et au moyen d'un siphon.

Digitized by Google

Dosage direct du sucre dans les betteraves par les méthodes alcooliques. — Les méthodes alcooliques bien employées ne donnant pas d'autres résultats que les méthodes aqueuses également bien exécutées, et étant plus compliquées, nous ne voyons pas la nécessité de les décrire. Les méthodes alcooliques exigent beaucoup plus de soin et il y a plusieurs causes d'erreur qui font que souvent on trouve un peu moins de sucre.

En tout cas, la seule méthode alcoolique à appliquer est l'*extraction alcooliqu*', qui permet de procéder à une vérification de l'épuisement. On se sert dans ce but de l'extracteur représenté figure 9 dans lequel A est le flacon qui renferme l'alcool en ébullition, et B la betterave à épuiser.

Procédés de dosage du sucre par les liqueurs cuivriques. — On peut doser le sucre soit dans le jus de betteraves, soit directement sur les betteraves, au moyen des liqueurs cuivriques. On ne conserve la liqueur cuivrique que pour la recherche des réducteurs ou certains dosages, mais on ne s'en sert plus couramment pour l'analyse des jus ou des betteraves lorsque ces jus ne renferment pas de sucre interverti. Nous renvoyons au chapitre de l'analyse des moûts pour le mode opératoire à employer.

La liqueur le plus généralement employée en France pour ce genre de dosage est la liqueur Viollette, dont voici les deux formules :

		10cc = 0,05 de glucose	10cc = 0,05 de sucre
1	Eau	500	500 crist.
	Sulfate de cuivre pur crist.	34,64	36,46
		180	200
2	Sel de Seignette	180	200
	Soude caustique purifiée	100	120
	Eau totale pour faire à froid	500 cc.	500

On mélange les deux solutions et on complète à un litre avec de l'eau distillée.

Analyse du jus de betterave. — Le jus de betterave obtenu par râpage et par expression de la pulpe est recueilli dans une éprouvette comme il est dit plus haut et après décantation on

Digitized by Google

y plonge un densimètre gradué à 4° qui donne directement, après correction, la densité ramenée à la température normale de 15°. A cette densité correspond une teneur déterminée de sucre pur par 100 cc. La table suivante donne cette concordance. En divisant le sucre par 100 cc. par la teneur en matières dissoutes exprimées en sucre pur, on obtient le coefficient de pureté.

Degrés du jus		Sucre pour 100 grammes de betteraves	Degrés du jus		Sucre pour 100 grammes de betteraves
5,	(ou 1050)	8,6 à 9,1	6,1	(ou 1061)	11,7 à 11,8
5,1	(ou 1051)	8,9 à 9,3	6,2	(ou 1062)	12,0 à 12,1
5,2	(ou 1052)	9,1 à 9,5	6,3	(ou 1063)	12,2 à 12,4
5,3	(ou 1053)	9,3 à 9,7	6,4	(ou 1064)	12,4 à 12,5
5,4	(ou 1054)	9,6 à 9,9	6,5	(ou 1065)	12,5 à 12,6
5,5	(ou 1055)	9,9 à 10,1	6,6	(ou 1066)	12,7 à 12,8
5,6	(ou 1056)	10,1 à 10,3	6,7	(ou 1067)	12,8 à 13,0
5,7	(ou 1057)	10,3 à 10,5	6,8	(ou 1068)	13,0 à 13,2
5,8	(ou 1058)	10,5 à 10,8	6,9	(ou 1069)	13,2 à 13,4
5,9	(ou 1059)	10,8 à 11,0	7,0	(ou 1070)	13,4 à 13,5
6,0	(ou 1060)	11, à 11,2			

Dosage des sels. — Les sels se dosent dans la betterave par incinération de 10 grammes dans une capsule de platine après dessiccation à l'étuve et addition de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Du résultat obtenu on retranche un dixième pour tenir compte de la substitution de l'acide sulfurique au chlore.

Pour faire le même dosage dans le jus on évapore à sec 20 cc. de jus dans une capsule de platine et on procède à la calcination comme pour la betterave. On retranche 1/10.

Dosage de l'eau. — L'eau se dose dans la betterave par dessiccation à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant.

Pour le jus on opère soit indirectement en faisant la différence entre 100 et les matières dissoutes 0/0 grammes, soit directement en desséchant 20 cc. en présence de sable ou de silice poreuse, ou de pierre ponce granulée, également jusqu'à poids constant. Ce dernier procédé est le seul qui donne des résultats précis. Les matières organiques s'obtiennent par différence. Pour éviter l'altération du jus par la chaleur on y ajoute une goutte d'ammoniaque.

Digitized by Google

Le dosage de l'eau réelle permet de déterminer la *pureté réelle* par opposition à la *pureté apparente* déduite de la densité. La différence entre ces deux puretés est d'autant plus grande que la betterave est moins riche, c'est-à-dire contient plus de matières étrangères.

Le coefficient salin d'un jus de betterave est le rapport des cendres au sucre. Il exprime la quantité de sucre qui existe pour un de sels. Un jus de betterave est d'autant plus pur que son coefficient salin est plus élevé. C'est une indication précieuse. En France on lui attribue une valeur considérable, tandis qu'en Allemagne et en Autriche on préfère la pureté comme moyen de contrôle.

Le coefficient salin d'un jus de betterave varie de 15 à 30.

L'analyse des cossettes étant le principe du contrôle chimique, il devient indispensable que l'échantillon prélevé soit bien moyen. Plusieurs appareils ont été conçus dans le but de prélever un échantillon moyen.

L'échantillonneur Marotine est constitué par un plan incliné disposé au-dessous du coupe-racines et percé d'une ouverture, devant laquelle tourne un cylindre ou poulie recouvert d'une courroie munie de brochettes. Cette courroie passe sur une autre poulie dont l'axe porte la transmission. La courroie marchant continuellement, soit par l'intermédiaire d'un mouvement d'horlogerie, soit actionnée directement par le moteur de l'usine, les cossettes qui tombent du coupe-racines sont arrêtées au nombre de quelques-unes par les broches. La courroie les entraîne et elles sont recueillies dans un vase quelconque.

On a reconnu que la gelée exerce une influence sur la densité des betteraves. Le jus de celles-ci est pour ainsi dire concentré. Il est donc nécessaire de laisser dégeler la pulpe avant de la presser.

Digitized by Google

CHAPITRE II

EXTRACTION DU JUS DE LA BETTERAVE

Les opérations destinées à obtenir le jus sont: 1° le transport et la conservation des betteraves ; 2° le lavage des betteraves ; 3° le pesage des betteraves ; 4° le travail de l'extraction du jus.

1. — Transport et conservation des betteraves

La betterave récoltée et voiturée dans les meilleures conditions possible, est amenée aux bascules annexes dans la cour centrale de la distillerie ou à quai, si l'approvisionnement se fait par canaux. Une bonne condition d'installation est réalisée dans une distillerie lorsque la place dans la cour est suffisante pour permettre l'emmagasinage pour une semaine de travail en plusieurs silos. Mais en principe, il est bon de ne pas avoir une réserve d'approvisionnement supérieure à celle que nous venons de fixer. Les silos devront avoir 1^m, 50 à 1^m, 75 de hauteur au maximum, ils devront être bien dressés sur les flancs, les racines disposées le collet à l'extérieur, de manière à former muraille.

Lorsque la betterave arrive à l'usine, elle est immédiatement pesée et le déchet est fait sur 20 ou 25 kilos et sur un échantillon prélevé sur chaque voiture pendant le déchargement. Les usines bien organisées procèdent ainsi et font la densité sur tout le lot qui a servi à la prise du déchet, en le passant à la râpe rationnelle de Pellet. (Fig. 4 et 5).

Le déchargement des betteraves doit se faire autant que possible à la main et il faut toujours prohiber le renversement des tombereaux, afin d'éviter que la terre qui se sépare des betteraves pendant le transport ne soit comptée comme betterave.

Digitized by Google

Quelques usines importantes étant pourvues de transporteur hydraulique, on prend comme axe du silo la rigole du transporteur, et on lui donne une largeur de 8 à 10 mètres selon la pente de la sole du transporteur hydraulique.

La quantité de betteraves qu'on peut emmagasiner par mètre cube de contenance de silo est d'environ 500 et 600 kilog.

Une fois la tare déterminée, pour obtenir un échantillonnage exact il faut passer toutes les betteraves à la râpe conique. Ordinairement, on a de 27 à 40 betteraves. Mais d'après les essais de Pellet, on peut réduire le nombre des racines à prendre, en rangeant rapidement toutes les betteraves par ordre de grosseur et en prélevant la première, la quatrième, la septième, et ainsi de suite. On a ainsi, seulement de 9 à 14 racines à râper. Si au lieu de procéder de cette façon on prend 9 à 14 betteraves, sans ordre, on peut avoir des écarts dans les résultats. Ces écarts augmentent avec la réduction du nombre des racines râpées.

Plus on fera d'analyses et plus on sera certain du résultat, car malgré les soins apportés par la culture, la qualité de la graine, etc., les betteraves présentent de grandes variations de richesse. Si sur un hectare de terrain on prélève 10 échantillons de 25 à 40 betteraves, on remarquera des différences pouvant atteindre parfois 2 0/0 de sucre et plus même entre les résultats extrêmes.

Dans les grandes usines, on arrive à faire en moyenne une analyse par 2 à 3.000 kilog. de betteraves amenées par voiture, par 4 à 5.000 kilog. de betteraves amenées par wagons ou bateaux de petit tonnage et par 7 à 8.000 kilog. par bateaux de fort tonnage.

Les usines qui ont un grand rayon d'approvisionnement réservent pour la nuit les betteraves des silos et utilisent pendant le jour les betteraves arrivant soit par fer soit par eau ou voitures. Les betteraves livrées par wagons sont jetées directement dans une grande trémie aboutissant au transporteur hydraulique. Elles sont déchargées et jetées soit à la main, soit enlevées au moyen d'une grue quelconque.

Bouchon, fabricant de sucre à Nassandres, a imaginé un système de wagons à fond à bascule permettant le déchargement économique des betteraves. Des systèmes analogues

Digitized by Google

fonctionnent déjà à l'étranger pour la manipulation du charbon, du ballast et d'autres matières inertes encombrantes. En France, ces procédés ne se sont pas répandus.

Les betteraves amenées par des bateaux peuvent être déchargées par des procédés très économiques au moyen d'élévateurs mus électriquement et plongeant au fond du bateau, ou au moyen de bennes déchargées ensuite dans une trémie de transporteur hydraulique. Ce second mode est moins économique et moins rapide. Chaque élévateur permet le déchargement de 80 tonnes en douze heures au moyen de quatre hommes.

Dans le déchargement au moyen de bennes, celles-ci contiennent 1.000 kil. de racines, mais le nombre d'hommes nécessaires pour ce service est de 12 environ, parce que, dans ce cas, il faut élever la matière à charger à une hauteur plus grande qu'avec les élévateurs électriques où il suffit simplement de la pousser dans les godets.

Ces godets viennent déverser, soit dans des wagonnets, soit dans le transporteur hydraulique.

Les betteraves sont abandonnées en tas dans la cour, en général à toutes les intempéries. On se contente, lorsque les gelées arrivent, de les recouvrir de paille du côté où le vent souffle.

Mais quelques usines, importantes généralement, considérant, avec raison, que le principal agent d'altération des betteraves en silos est la pluie ou le soleil, ont installé de vastes hangars pour abriter les racines. Ces hangars peuvent être construits aujourd'hui très économiquement à raison de 12 fr le mètre carré.

Sous ces abris, les betteraves sont bien protégées contre le froid, car il suffit de placer des panneaux en paille sur les flancs du silo.

Pendant sa conservation en silo, la betterave subit des modifications importantes. Elle se flétrit, se dessèche et se ratatine si la température est sèche. Plus tard, elle subit la pourriture sèche et s'échauffe. Cette altération est due à un mycélium. Lorsque, au contraire, la betterave a été ensilée par la pluie et que la terre adhérente est humide, la betterave continue sa végétation malgré l'ablation du collet, et cette végéta-

Digitized by Google

tion est favorisée par une température douce. De nouvelles feuilles apparaissent, jaunes par suite du manque de lumière, et surtout aux parties du collet mal coupé. Cette végétation est accompagnée d'une perte en sucre notable, en même temps qu'une autre partie du sucre passe à l'état de réducteur. Dans les années où la température de l'arrière-saison reste élevée, cette perte en sucre atteint jusqu'à 2 p. 100.

La perte des betteraves en silo est, d'après Vogelberg, de 0 gr. 011 à 0 gr. 0023 p. 100 de sucre par jour, 0,70 p. 100 par mois. Cette perte est d'autant plus considérable que l'ensilage est de plus longue durée, précisément à cause de l'échauffement qui ne se produit pas dans les premiers jours, ces chiffres sont du reste un peu variables.

On pallie en partie ces inconvénients en manipulant la betterave et en retournant le silo parallèlement à lui-même. Il est bon de faire cette opération par un temps froid et en mettant les ouvriers à la tâche. On utilise pour ce travail des fourches à dents légèrement émoussées qui ne blessent pas les betteraves.

Autrefois, on préconisait de disposer dans les silos des cheminées verticales pour aérer et refroidir les betteraves. Cette pratique est maintenant condamnée, car l'air et l'humidité sont excessivement favorables à la végétation et on constatait que la betterave présentait plus facilement en cet endroit des caractères d'altération. En résumé, la condition d'une bonne conservation de la betterave en silo est d'abord une température froide et ensuite l'absence d'humidité.

La gelée exerce une influence plus mauvaise encore, car elle détruit le tissu cellulaire et provoque la pourriture rapide de la racine et son noircissement. Les betteraves gelées doivent être travaillées de suite.

Il est bon d'installer dans les silos un thermomètre à longue tige qui permet de contrôler la température. Nous avons vu des cas où cette température montait à 60°. La betterave qui était très humide avait été mise en bateaux et ceux-ci avait été arrêtés par la gelée. Or, la température s'éleva au degré que nous indiquons. Tout le contenu du chargement ne formait plus qu'une masse demi-liquide inutilisable au bout de deux

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

mois de cet ensilage forcé. La fermentation acétique s'était déclarée et avait été suivie d'une fermentation putride.

2. — Lavage de la betterave

La première opération importante que la betterave subit après son déchargement est le lavage. Le transport aux laveurs se fait de bien des manières, suivant la topographie de la cour. Les moyens de transport sont la brouette, le chemin de fer à voie étroite et le transporteur hydraulique. Le premier n'est plus employé que dans les petites usines. C'est le plus coûteux. Le chemin de fer portatif ne s'emploie que lorsque la cour ne se prête pas à l'installation du transporteur hydraulique ou que l'eau disponible est insuffisante comme dans certaines râperies. On utilise dans ce cas des voies portatives en rails d'acier de 9 kilos disposés par bout de 3 mètres et à voie de 40 ou 50 centimètres. Les wagons qui contiennent le plus généralement 750 décimètres cubes sont en tôle, à bascule et leur traction se fait par la main de l'homme ou par des chevaux. Ces wagonnets sont déversés soit dans l'élévateur à betteraves sales, soit dans un tronçon de transporteur hydraulique qu'il est impossible d'installer partout.

Dans d'autres installations où la distance à parcourir est grande on installe soit une voie monorail élevée, soit des bennes avec câbles télédynamiques.

Mais le système le plus pratique est, sans conteste, le transporteur hydraulique. Actuellement on se trouve bien de l'installation du transporteur au fond d'une fosse profonde à section normale triangulaire et à parois inclinées à 45°. La main-d'œuvre pour l'alimentation de la rigole en betteraves est réduite à un minimum. Dans ce cas, si le fond de la rigole est en contrebas de l'élévateur à betteraves on remédie à cela par le montage d'une roue à grand diamètre élevant à la fois eau et betteraves. Plusieurs usines sont installées ainsi.

On peut encore obtenir le même résultat en créant une fosse artificielle au moyen de murs en maçonnerie munis de contreforts et en garnissant la sole de briques posées de

Digitized by Google

champ ou de pavés. On complète l'installation en recouvrant

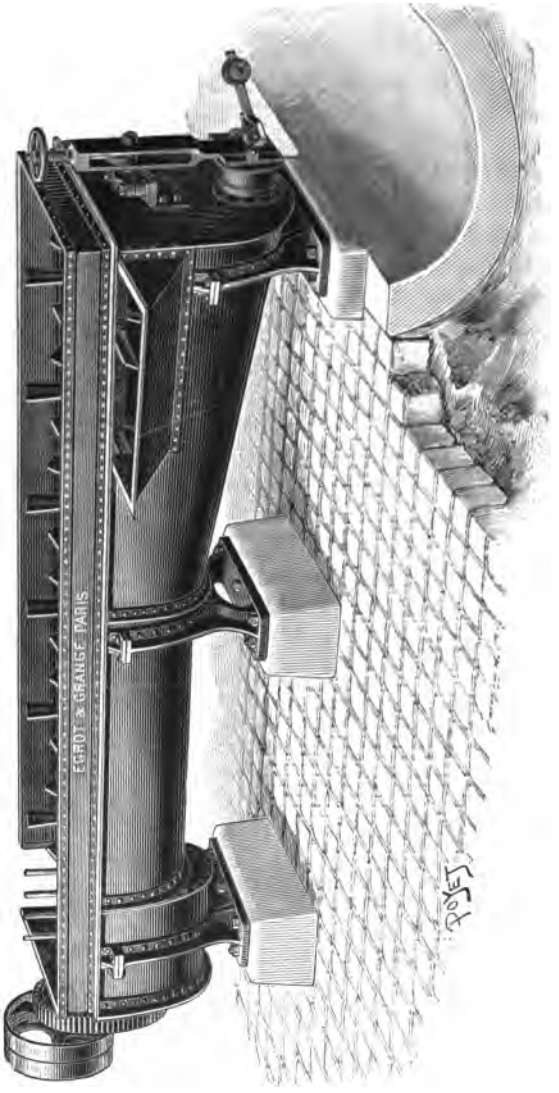


Fig. 10 — Laveur de betteraves.

le silo d'un toit, de manière à ce que le personnel du déchargement soit ainsi à l'abri. Une usine munie d'un transporteur

Digitized by Google

hydraulique perfectionné peut facilement être alimentée par deux et trois hommes pour un travail de 250 tonnes par vingt-quatre heures. Le transporteur hydraulique présente le grand avantage de préparer la betterave au lavage énergique qu'elle est destinée à subir.

Le transporteur hydraulique se compose de canivaux en maçonnerie de ciment ou de chaux hydraulique, ou de béton comprimé, recouverte d'une chape lissée, en ciment. On donne à l'ensemble une pente de 7 à 10 millimètres par mètre pour les parties droites, de 10 à 20 millimètres par mètre pour les courbes. Celles-ci ne doivent pas avoir un rayon trop petit

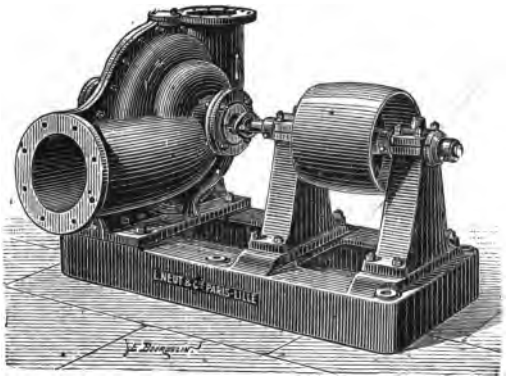


Fig. 11. — Pompe centrifuge.

qui les exposerait à des engorgements. La rigole est placée le plus souvent au fond d'une tranchée dont les parements sont, soit en terre battue, soit de préférence en maçonnerie de brique et ciment. Ces parois font un angle de 45° avec l'horizontale et la hauteur atteint souvent, comme nous l'avons dit, des dimensions considérables formant un véritable silo. La rigole qui est destinée à charrier les betteraves a une section de 30 à 40 centimètres. Le premier nombre est la section pour les alignements droits et le second pour les courbes. A la partie la plus élevée de chaque rigole se trouve le clapet de distribution articulé et muni d'un contrepoids ou lentille en fonte. Quelquefois, dans certaines installations difficiles à faire par suite d'une disposition défectueuse du terrain, on emploie le transporteur hydraulique portatif en fonte et tôle.

Digitized by Google

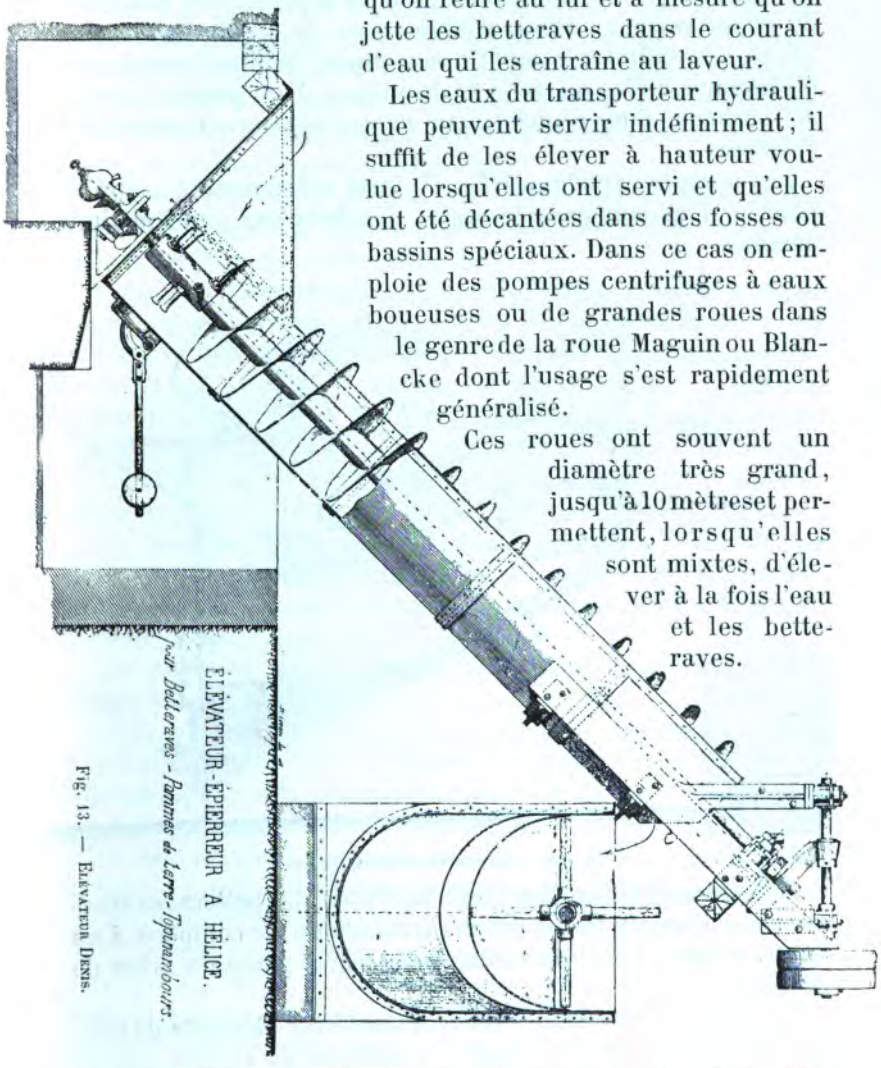
Fig. 12. — Élévateur de betteraves.

Digitized by Google

La partie supérieure de la rigole se recouvre de clayons en chêne sur lesquels les betteraves sont jetées et entassées et qu'on retire au fur et à mesure qu'on jette les betteraves dans le courant d'eau qui les entraîne au laveur.

Les eaux du transporteur hydraulique peuvent servir indéfiniment; il suffit de les élever à hauteur voulue lorsqu'elles ont servi et qu'elles ont été décantées dans des fosses ou bassins spéciaux. Dans ce cas on emploie des pompes centrifuges à eaux boueuses ou de grandes roues dans le genre de la roue Maguin ou Blancke dont l'usage s'est rapidement généralisé.

Ces roues ont souvent un diamètre très grand, jusqu'à 10 mètres et permettent, lorsqu'elles sont mixtes, d'élever à la fois l'eau et les betteraves.



ÉLÉVATEUR-ÉPIERREUR A HÉLICE.
pour Betteraves - Pommes de terre - Topinambours.

Fig. 13. — Élévateur Denis.

Le transporteur hydraulique vient déboucher dans la cuvette d'un élévateur à hélice ou dans les godets de la roue mixte

Digitized by Google

dont nous parlions plus haut et qui les déverse dans le laveur.

Le lavage des betteraves a une grande importance, surtout au point de vue de la diffusion et de la dépense des couteaux du coupe-racines. Aussi, s'efforce-t-on de multiplier les laveurs. L'installation complète se compose habituellement d'un élévateur à hélice ou roue hydraulique, d'un premier laveur débourbeur, d'un second laveur rinceur et souvent même d'un épierreur.

Les pompes centrifuges (fig. 11) sont suffisamment connues pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister sur leur fonctionnement.

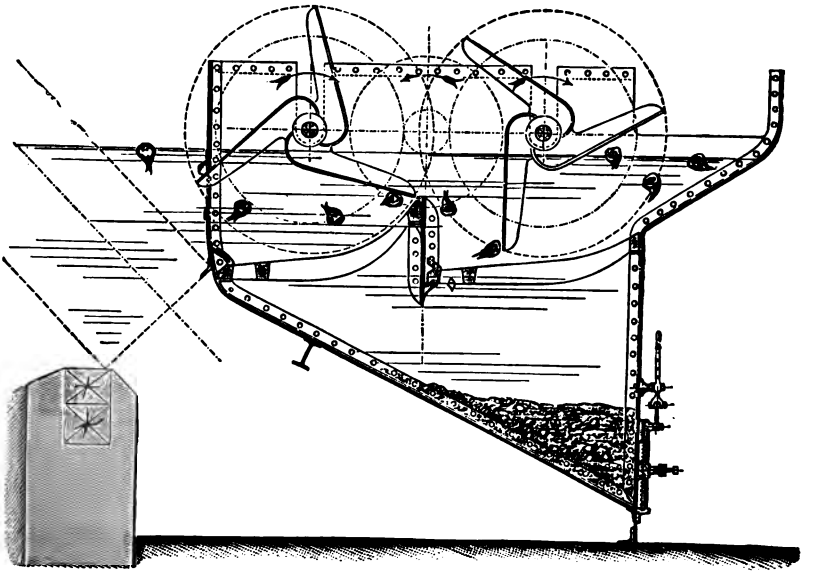


Fig. 14. — Laveur de betteraves Denis.

L'élévateur à hélice (fig. 12 et 13) qui reçoit les betteraves amenées par l'eau du transporteur hydraulique se compose d'un arbre ou moyeu en fonte creux dans lequel passe un arbre de 80 à 100.

C'est sur cet arbre que l'on emmanche les éléments de l'hélice dont le pas est très court. La rotation de l'hélice est de 40 tours à la minute. Les bords des spires touchent presque l'auge qui est inclinée à 45°.

Digitized by Google

A la partie supérieure, les betteraves, dont la terre, encore adhérente, est fortement détrempée, tombent dans un premier laveur (fig. 14 et 15) débourbeur où un arbre muni de bras en bois fichés dans des moyeux en fonte clavetés sur l'arbre, tourne d'un mouvement assez rapide. Les betteraves frottent les unes contre les autres, se débarrassent de la terre et, tombent dans un laveur rinceur placé en contre-bas du débourbeur, où le lavage achève de se faire.

A la sortie de ce laveur des bras épierreurs empêchent les pierres de suivre le même chemin que les betteraves et de détériorer le coupe-racines (fig. 18).

L'eau propre arrive d'abord dans le laveur rinceur, puis au moyen d'une pompe passe dans le débourbeur, mais il est préférable ; si l'on dispose d'eau en abondance, d'alimenter le débourbeur avec de l'eau propre ; on fait ainsi l'économie d'une pompe et des réparations nombreuses que la terre nécessite à cause de l'usure des organes qu'elle provoque. On peut encore terminer le lavage dans un épierreur Loze et Helaers (fig. 16) qui retient parfaitement les pierres.

La quantité d'eau nécessaire au service du transporteur hydraulique et des laveurs et est d'environ 5 à 600 mètres cubes par journée de 24 heures, pour un travail de 250 tonnes de betteraves.

Les dispositifs des ateliers de lavage sont nombreux. Voici les plus fréquents :

1° Avec transporteur hydraulique. Laveur horizontal enterré, laveur rinceur enterré et élevateur ordinaire à godets, laveur horizontal enterré, élevateur à hélice et laveur rinceur placé au-dessus du sol.

Laveur horizontal enterré, grande roue élevant l'eau et les betteraves qui tombent dans le laveur rinceur. L'eau s'écoule naturellement dans les bassins de décantation.

2° Sans transporteur hydraulique. Les betteraves amenées aux laveurs par un moyen quelconque de transport sont jetées dans la trémie d'un élévateur formé d'une courroie en cuir, en aloès ou en caoutchouc et de sabots en bois empêchant les betteraves de retomber. Cet élévateur a un mouvement assez rapide et rejette les betteraves dans le débourbeur.

Digitized by Google

Un autre disposif consiste à jeter les racines directement dans le laveur horizontal enterré.

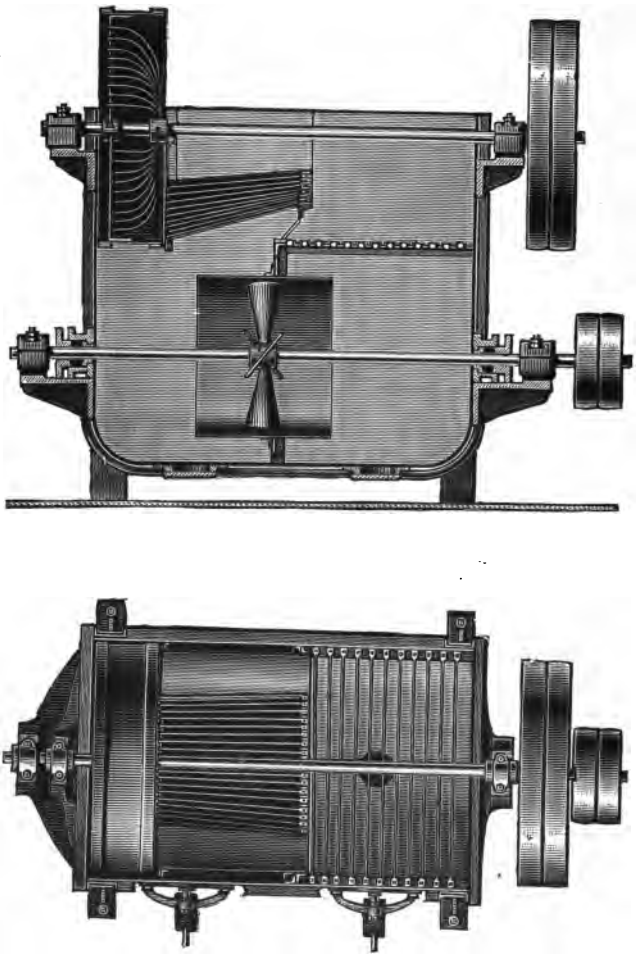


Fig. 16 — Epierreur Loze et Hélaers.

L'élévateur à sabots peut aussi être remplacé par un élévateur à hélice ou une grande roue.

Dans tous les cas, il serait avantageux de faire passer les racines lavées sur un transporteur essuyeur et épierreur à

Digitized by Google

brosses tournantes de Denis. Cet appareil enlève une partie de l'eau encore adhérente aux racines. Les brosses sont en baleine et les betteraves tournent constamment et sont frottée pendant toute la durée de leur passage sur cet appareil. On élimine ainsi environ 1 à 2 0/0 de matières étrangères, selon les usines et la perfection du lavage.

Les eaux sales des laveurs sont écoulées directement par pente naturelle dans de grandes fosses de décantation, puis dans des prairies où elles servent à l'irrigation. Lorsque cet écoulement naturel ne peut être réalisé, pour des causes tenant à la topographie de l'usine, on les refoule au moyen de pompes centrifuges spéciales pour eaux boueuses.

Mais, quel que soit le procédé employé pour se débarrasser de ces eaux, des prescriptions administratrives extrêmement sévères interdisent de les rejeter directement dans les cours d'eau. Elles doivent être épurées par un procédé qui les rende inoffensives pour les habitants des cours d'eau et leur réaction au moment de l'adduction dans les rivières doit être neutre.

Ces conditions sont réalisées par divers prodédés, par la chaux, par la chaux et le sulfate de fer, par la chaux et le sulfate d'alumine. Ces deux derniers moyens provoquent une décantation rapide des eaux boueuses. En général on se contente de laisser couler un léger filet de lait de chaux dans la rigole qui conduit les eaux sales dans les bassins de décantation.

A la sortie de ces derniers, l'eau encore un peu trouble est envoyée dans une prairie ou un champ. Le sol en absorbe une partie mais bientôt cette absorption cesse et l'eau se rend dans un ruisseau ou dans une rivière.

Les betteraves après avoir passé sur le transporteur essuyeur, tombent dans la trémie de l'élévateur à godets. Cet élévateur se compose de 4 montants en bois ou en cornière munis d'une roue à gorge à la partie supérieure et à la partie inférieure. La roue inférieure est mobile dans une glissière qui permet son déplacement en cas d'allongement de la chaîne de l'élévateur.

Sur ces poulies généralement doubles passent deux chaînes d'acier sur lesquelles sont placés des godets en tôle perforée munis à la partie inférieure d'une tôle recourbée pour rejeter au dehors l'eau d'égouttage des betteraves et éviter que cette

Digitized by Google

eau n'arrive dans la bascule. La contenance de ces godets est sensiblement la même dans toutes les installations, leur rapprochement varie seul suivant le travail à faire. La transmission de l'élévateur se fait par engrenage et poulies. La vitesse d'ascension de l'élévateur n'est que de 15 à 20 mètres à la minute.

La rupture des chaînes de l'élevateur est un accident fort désagréable dans une usine, qui devient plus rare depuis que la chaîne simple d'autrefois a été doublée. On doit cependant vérifier l'usure des chaînes et les changer lorsque les maillons sont usés à moitié de leur épaisseur.

Quelques usines, mal placées au point de vue de l'eau, sont obligées de se servir de l'eau de lavage après décantation. L'installation se complique alors de pompes pour le retour de cette eau.

Après avoir quitté l'élévateur, les betteraves tombent dans la trémie d'attente de la benne du coupe-racines ou de la râpe. On a cherché à se rendre compte de la perte éprouvée par les betteraves pendant les manipulations du lavage. Un des facteurs principaux de ces pertes réside dans l'état physique des betteraves et dans le soin apporté au déchargement. Les betteraves meurtries, cassées, perdent plus facilement leur sucre que celles qui n'ont pas été brisées. En outre, l'eau chaude dissout aussi du sucre: Pellet a fort bien étudié cette question, mais les résultats, pour les causes que nous venons d'indiquer, sont variables et la perte est comprise entre 0,1 et 0,2 0/0 de la betterave. Dans le cas d'emploi d'eau chaude et de betteraves gelées, dont le tissu cellulaire a subi une altération profonde, la perte atteint 0,5 à 0,7 0/0.

Pendant le lavage, la betterave absorbe de l'eau par les cellules. La quantité est de 0,4 à 0,8. Quant à l'eau retenue physiquement, on peut en moyenne admettre d'après Pellet 0,3 à 1,0.

Pellet a également étudié dans son remarquable mémoire, présenté au Syndicat des fabricants de sucre sur les pertes indéterminées en sucrerie, la perte en poids que subissait la betterave pendant le lavage et il a trouvé que par les radicelles, le chevelu, on pouvait en moyenne admettre, 1,500/0 de la betterave pour celles qui sont très racineuses et 0,12 à 0,50 pour celles qui le sont peu.

Digitized by Google

On a cherché à résoudre le plus économiquement possible la question de l'épandage des eaux sales des laveurs. Bien souvent cette question se complique du fait que les terrains à

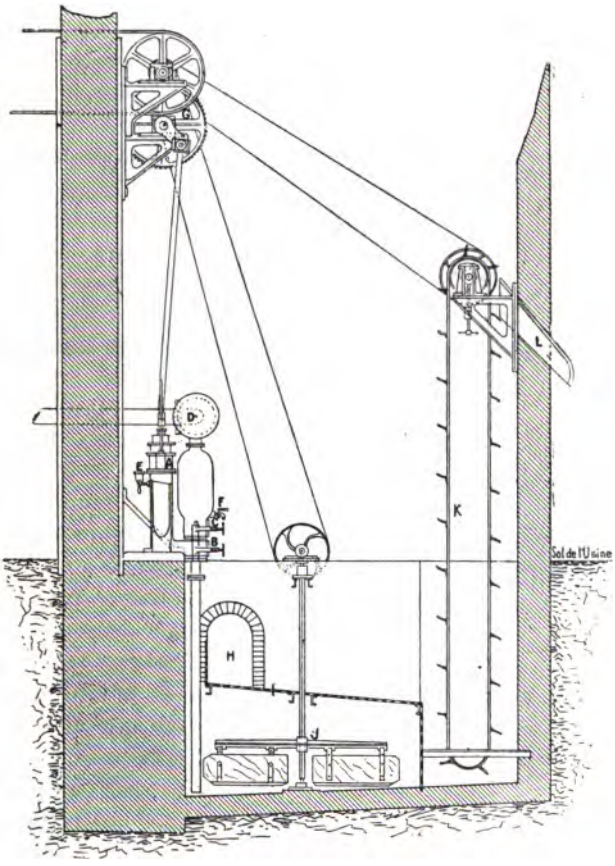


Fig. 17. — Pompe Thomas

irriguer sont à un niveau supérieur à celui de l'atelier de lavage. L'installation suivante faite par Thomas donne une solution pratique du problème (fig. 17). Une pompe à piston plongeur A aspire dans une fosse munie d'un agitateur J à palettes. Au-dessus de cette fosse se trouve une tôle perforée placée à

Digitized by Google

la partie inférieure de l'arrivée H des eaux sales. Cette tôle retient toutes les impuretés solides qui sont enlevées par l'élévateur K et rejetées au dehors en L. La pompe aspire l'eau boueuse seule. Une bouteille D règle le refoulement qui se fait à la distance qu'on désire au moyen d'une conduite en fonte de 100 à 120.

3. Extraction du Jus.

En distillerie, les procédés employés pour l'extraction du Jus sont :

1. La diffusion;
2. La macération;
3. Les Presses continues;

Nous examinerons successivement ces trois modes de travail.

1. — La Diffusion.

L'extraction du jus par la diffusion comprend les opérations suivantes :

A. Le travail du coupe-racines.

B. Le travail de la batterie de diffusion.

C. Le travail des presses à cossettes.

Nous laisserons à dessein la théorie de la diffusion qui est basée sur le principe de la dialyse de Graham, pour nous borner simplement à l'exposé pratique des opérations.

A. — *Le Coupe-Racines*

Le coupe-racines (fig. 18 et 19) se compose essentiellement d'un plateau horizontal en acier sur lequel on a ménagé des ouvertures quadrangulaires dans lesquelles on dispose les porte-couteaux. Le plateau est traversé par un arbre sur lequel sont calés les organes du mouvement qu'on obtient par engrenage et poulies folle et fixe. Ces organes sont généralement à la partie supérieure. A la partie inférieure, l'axe repose dans une cra-

Digitized by Google

paudine en bronze. Au-dessus du plateau et l'entourant complètement est placée une enveloppe en fonte ou en tôle forte avec des chicanes à l'intérieur. Ces chicanes ont pour but de

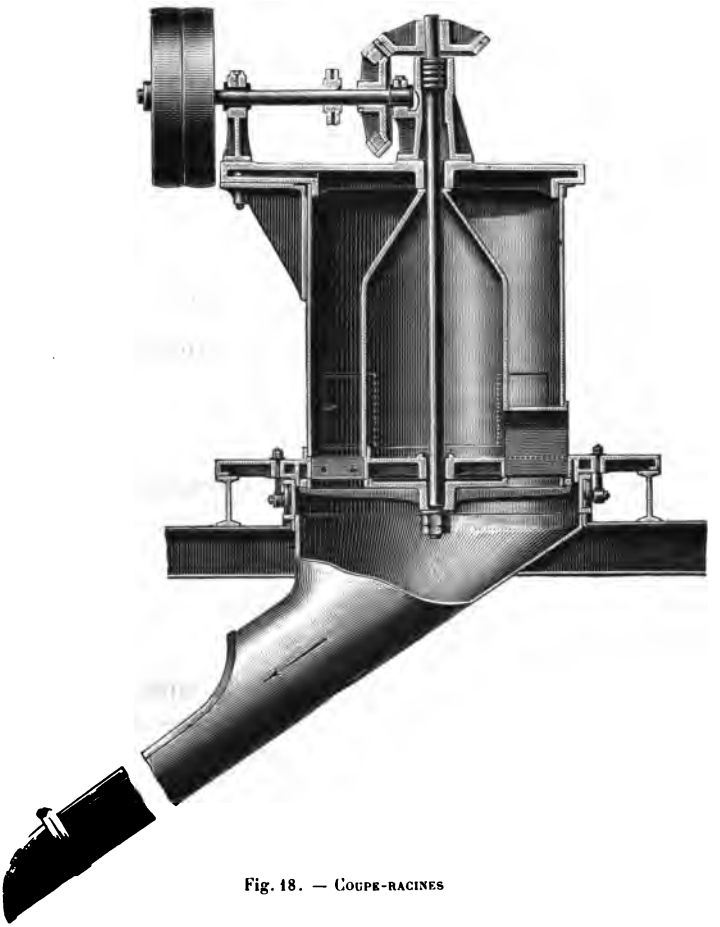


Fig. 18. — Coupe-racines

retenir les betteraves pendant la rotation du plateau et de les empêcher de suivre son mouvement.

Le diamètre du plateau est variable suivant le travail à faire.

Digitized by Google

On en fait depuis 1 m. 25 jusqu'à 2 mètres. Actuellement les plateaux coupent sur toute leur surface et la vitesse de rotation peut aller jusqu'à 150 tours par minute. Mais à cette vitesse la cossette obtenue n'est pas bien régulière et cette vitesse a été diminuée. Aujourd'hui avec les coupe-racines à

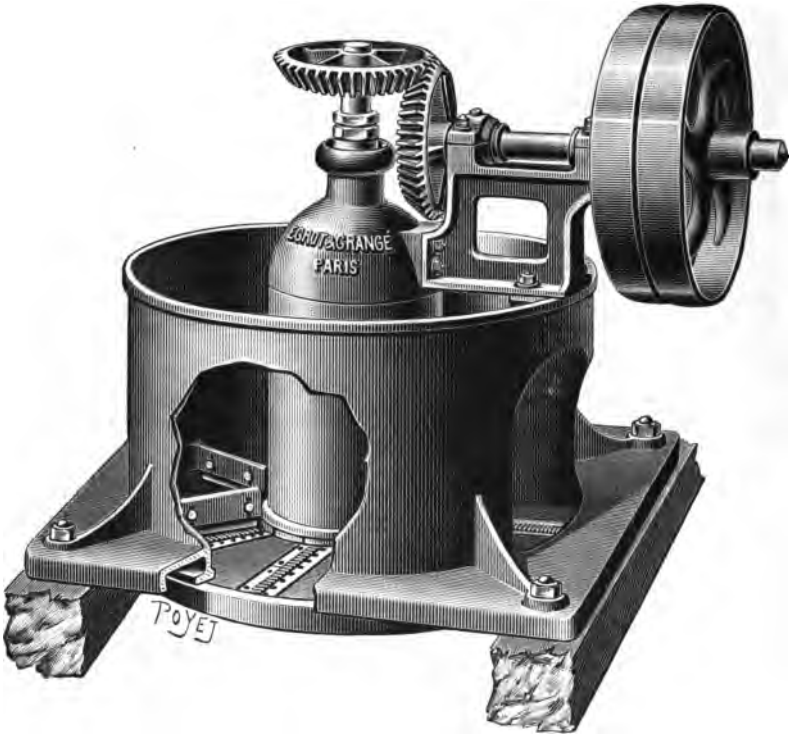


Fig. 19. — Coupe-racines Egrot et Grangé.

grand diamètre et coupant sur toute leur surface on prend 120 tours pour les petits diamètres et 60 tours pour les plateaux de 2 mètres. Sous le coupe-racines se trouve une grande trémie inclinée en tôle qui reçoit la cossette et la fait tomber dans les diffuseurs.

Lorsque la hauteur manque dans certaines installations, on supprime cette trémie et la cossette est acheminée au moyen

Digitized by Google

d'une courroie sans fin en caoutchouc. Un simple barrage fait devant chaque diffuseur suffit pour que la cossette tombe dans ce dernier.

Il est nécessaire pour obtenir une cossette régulière que la charge de betterave au-dessus du plateau soit suffisante pour que la betterave ne subisse aucun déplacement pendant la marche du plateau. Pour réaliser cette condition, on ne laisse jamais le plateau tourner à vide et on conserve toujours environ 20 centimètres de hauteur de betteraves.

L'enveloppe du coupe-racines est munie de portes pour le changement des couteaux et pour l'enlèvement des corps étrangers, pierres ou boulons qu'on ne rencontre que trop souvent. Ces portes restent verrouillées pendant la marche.

Le nombre des porte-couteaux est variable, suivant le diamètre ; il est généralement de huit à douze ; on va même jusqu'à quatorze et seize quelquefois ; on tend aujourd'hui à employer de longs porte-couteaux, le réglage se fait mieux et la manœuvre du changement est plus rapide.

Pour le travail de 25 à 40.000 kilogrammes de betteraves par jour, on emploie le coupe-racine fixe à plateau horizontal représenté par la figure 19.

Il comprend essentiellement un disque épuilibré à axe vertical portant dans le sens des rayons les boîtes à couteaux dont le nombre varie de 6 à 16 suivant débit. Le plateau travaille sur toute sa surface et la cuve a une hauteur suffisante pour contenir une charge de betteraves empêchant le roulement des racines en train de se couper.

La fig. 19 représente le coupe-racine Egrot et Grangé.

La fig. 20 montre en élévation et en plan le coupe-racines Barbier qui se caractérise par l'existence de cloisons héliçoïdales disposées dans la trémie et qui formant des espaces angulaires, forcent la betterave à rester fixe pendant la rotation du coupe-racines. Ce coupe-racines évite une grande hauteur de trémie nécessaire dans le modèle de la fig. 18. La dernière cloison porte un volet muni d'un contre-poids qui céde sous la pression d'un corps dur, d'une pierre.

Maguin construit depuis quelque temps un coupe-racines à tambour rotatif vertical qui remplit les conditions suivantes

Digitized by Google

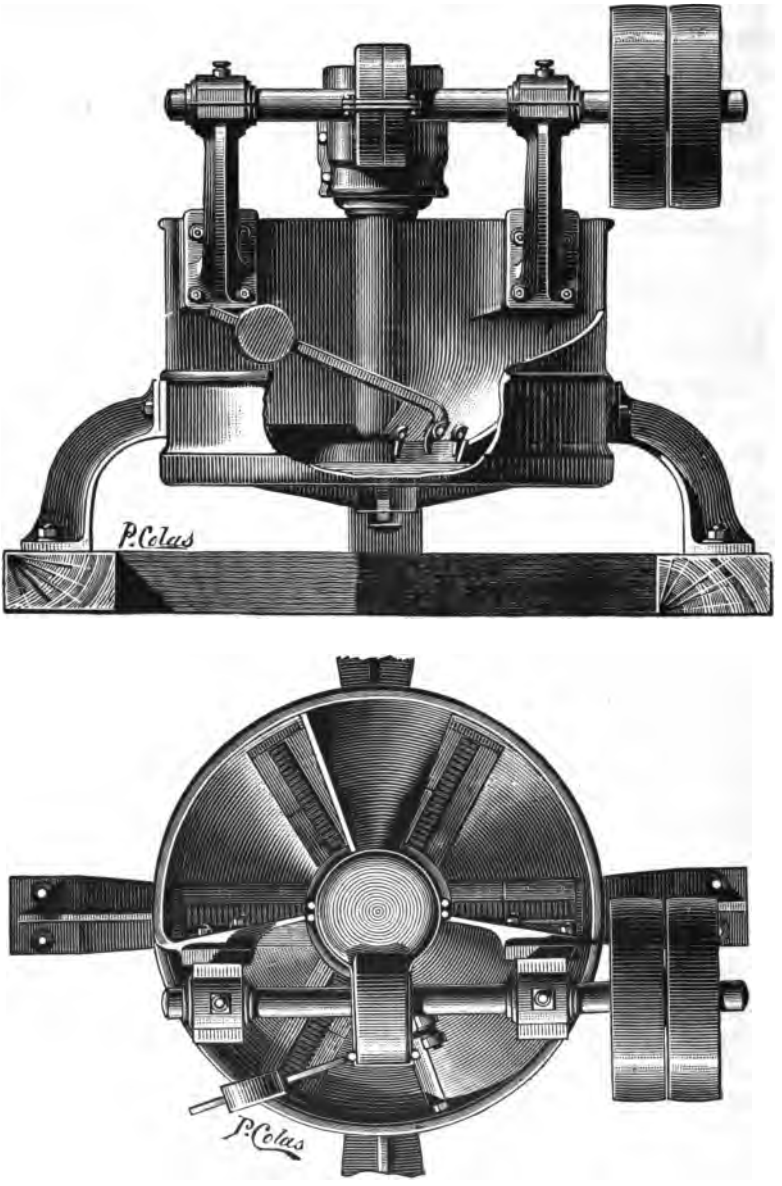


Fig. 20. — Coupe-racines Barbier.

Digitized by Google

qui sont indispensables pour obtenir de la cossette faîtière et en grand nombre :

1° Les couteaux sont tous parallèles entre eux;

2° Les couteaux marchent en tous points à la même vitesse;

3° Les couteaux sont rapprochés les uns des autres;

4° La betterave est maintenue pendant la coupe.

Ces conditions sont obtenues par les dispositions suivantes :

Le tambour de 1 m. 200 de diamètre et 330 de largeur coupante intérieure, monté sur un axe horizontal, porte sur toute sa surface extérieure des porte-couteaux au nombre de huit Chaque porte-couteaux est muni de 6 couteaux parallèles 2 à 2, avec plaque de réglage instantanée en face de chaque rangée de 2 couteaux. Ces huit porte-couteaux représentent donc 24 porte-couteaux ordinaires et portent 48 couteaux de 165 millimètres de longueur, en 24 rangées parallèles de 2 couteaux.

Etant parallèles, ces 24 rangées de couteaux marchent à la même vitesse.

La betterave, à peine introduite sur la moitié du dlamètre, est aussitôt entraînée par le mouvement du tambour vers une section de plus en plus réduite, formée par une pièce rigide en fonte, en forme de virgule.

La betterave est entraînée parallèlement à elle-même par les couteaux qui, étant très rapprochés, la découpent en suivant les mêmes faîtières et d'autant mieux qu'elle est maintenue constamment dans sa position et pressée sur la surface coupante.

A l'extrémité de la pièce en virgule est ménagée une cavité formant épierreur et dans laquelle des morceaux de betteraves et les corps durs, pierres, boulons, etc., viennent se loger sans avoir fait de sérieux dégâts. Une disposition très simple et très rapide permet de vider l'épierreur. Des broches, faciles à poser et une porte de vidange permettent d'enlever aisément les betteraves et autres corps qui se trouvent sous l'influence de la pièce en virgule.

Le remplacement des porte-couteaux se fait aussi rapidement que dans un coupe-racines ordinaire.

Le débit du coupe-racines à tambour rotatif est considérable,

Digitized by Google

par suite du nombre de couteaux qu'il comporte, et de la vitesse à laquelle on peut le faire marcher, les couteaux étant parallèles et n'ayant plus à redouter les effets de la force centrifuge.

A 60 tours, il débite aisément 20.000 kilogrammes à l'heure en betteraves normales. On peut impunément le faire tourner à 80 tours et même davantage si c'est nécessaire.

A 80 tours, il n'atteint pas encore la vitesse linéaire des anciens coupe-racines.

Le coupe-racines à tambour rotatif, à débit égal, prend

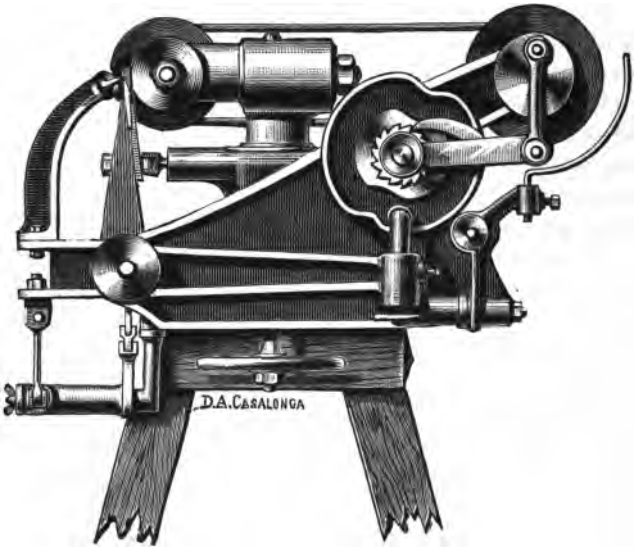


Fig. 10. — Machine a affuter

50 p. 100 de la force nécessaire pour actionner un coupe-racines ordinaire.

Les couteaux employés sont maintenant du type faîtière, c'est-à-dire en forme de toit. On distingue trois sortes de couteaux faîtières, la grosse, la moyenne, la fine et l'extra-fine division. La grosse division s'emploie pour les betteraves pauvres et pour les batteries à seize diffuseurs ou les betteraves montées à graine, ou encore lorsqu'on veut travailler

Digitized by Google

très vite ; la moyenne division est la plus employée, tandis que la fine et l'extra-fine division sont réservées pour les betteraves très riches et pour les batteries dont le nombre de vases est insuffisant pour procurer un épuisement satisfaisant. La longueur des couteaux est variable de 150 à 170 millimètres. En général, la grosse division correspond à une largeur de la cossette de 7 millim. 14, la moyenne division à 5 millim. 88 et la fine division à 4 millim. 76. Ces nombres ne sont pas absolus, mais représentent la moyenne.

Les couteaux de diffusion sont faits en acier trempé, de très bonne qualité, car ils sont destinés à subir de nombreux affutages jusqu'à usure presque complète.

Cet affutage se fait au moyen de machines spéciales (fig. 10) construites par Maguin, Moreau en France, et par Putsch en Allemagne. Ces machines se composent spécialement d'une fraise en acier chromé très dur, taillée en biseau et articulée autour d'un axe, de manière à prendre toutes les positions. Le couteau est serré dans une pièce spéciale et présenté devant la fraise qui repasse le fond et les parois. L'opération du retaillage des couteaux est très rapide et doit être précédée d'un dressage de la surface coupante au moyen d'une petite meule en émeri.

Le montage des couteaux dans les porte couteaux est très important, car il faut que la position des couteaux les uns par rapport aux autres soit uniformément réglée. Il faut aussi que le bord du couteau soit à 3 ou 4 millimètres du plan du porte-couteau, et qu'il y ait un intervalle de 2 à 3 millimètres entre le plan du tranchant et la contre-plaque. Ces nombres ne sont pas des règles fixes, et chaque distillateur modifie chaque jour l'écartement des couteaux, selon la dureté des betteraves qu'il a à travailler. Lorsque l'écartement est trop grand on s'en aperçoit de suite, la cossette n'est pas détachée, plusieurs restent soudées par une extrémité, les unes à côté des autres, formant ainsi une sorte de peigne. Il suffit de rapprocher d'un demi-millimètre ou d'un millimètre la contre-plaque.

Les couteaux sont fixés dans les porte-couteaux au moyen de boulons à tête plate fraisée. L'écrou se serre à la partie inférieure du porte-couteau.

En général, les porte-couteaux sont en acier moulé. On en

Digitized by Google

fait aussi en fonte. Dans les années pluvieuses ou lorsque les betteraves proviennent de terrains renfermant beaucoup de cailloux, ou encore lorsque le lavage est défectueux, on a avantage à employer ce que Maguin appelle les *porte-couteaux épierreurs* dans lesquels la partie qui est en avant de la surface coupante est dentelée de manière à donner passage aux cailloux de petit calibre. Le coupe-racines Barbier réalise aussi l'épierreur au moyen du volet mobile à contre-poids.

Maguin a encore imaginé un appareil brosseur automatique des couteaux en marche. C'est une brosse qui tourne dans le même sens que les couteaux, mais plus vite et qui les nettoie de la paille, du foin adhérent, au fur et à mesure qu'ils passent devant l'orifice spécialement disposé dans ce but.

La position du couteau dans son porte-couteau est légèrement inclinée vers l'horizontale, de façon que la base du couteau se confonde avec la surface supérieure du porte-couteau. En outre les rainures qui forment les faîtières sont des éléments d'arc de cercle dans lesquels la cossette s'inscrit très bien et n'est pas brisée.

Il existe un grand nombre de couteaux faîtières qui ne diffèrent entre eux que par de petits perfectionnements.

Les couteaux doivent être changés souvent ; mais il n'y a pas de règle fixe. Un jeu de couteaux peut durer 4 et 5 heures avec des betteraves à peau tendre, tandis qu'avec des betteraves montées à graine, ils seront bourrés et hors de service au bout d'une heure. On doit changer le jeu lorsque la cossette est irrégulière, hachée, lorsque les sections ne sont plus nettes et que de la pulpe est mélangée à la cossette.

En hiver, lorsque les betteraves sont gelées, on se sert de couteaux à doigt, mais on les utilise rarement car l'épuisement est très mauvais avec eux à cause de leur grande épaisseur.

Il est recommandable d'avoir toujours en réserve au moins deux jeux de porte couteaux, toujours prêts à être placés sur le coupe-racines. Quelques usines prévoyantes ont même un second plateau de coupe-racines de rechange en cas de rupture du premier par l'arrivée subite d'un boulon ou d'un outil quelconque.

Les couteaux ont généralement une longueur de 88 à 90 millimètres ; la partie cloisonnée a 25 millimètres. Lorsque l'usure

Digitized by Google

est de 15 millimètres environ, on doit mettre les couteaux hors de service. Les cossettes deviennent d'autant moins bonnes que les cloisons sont plus courtes.

Fig. 22. — Couteau-faitière.

Il existe un grand nombre de variétés de porte-couteaux. Tous ces instruments ont été perfectionnés dans le but de conserver à la cossette sa forme et d'éviter qu'elle ne se brise pendant la rotation du plateau du coupe-racines.

Parmi les derniers perfectionnements nous citerons le porte-couteaux Putsch à contre-lame à queue d'aronde. Cette contre lame est placée dans une rainure où elle ne peut glisser. Le réglage se fait au moyen d'une clavette placée sous la contre-lame. Il n'y a aucune vis de réglage.

B. — *La Batterie de diffusion.*

Nous ne pouvons songer à donner dans un cadre aussi étroit la description des nombreux types de batteries de diffusion. On distingue, en effet, les batteries en ligne sur deux rangs, (fig. 23) les batteries mi-circulaires et circulaires (fig. 22) et les batteries circulaires rotatives.

Chaque batterie de diffusion comprend 12, 14 et 16 diffuseurs de contenance variable, 15 à 50 hectolitres. On va même plus loin surtout en sucrerie, mais c'est l'exception. En supposant que l'on charge chaque diffuseur à 50 p. 100 de son volume et que l'opération soit répétée 100 fois par poste, ce qui fait un diffuseur toutes les 6 minutes pour 10 heures de travail réel, la batterie aura comme puissance par 24 heures la contenance en hectolitres multipliée par 10. Ainsi une batterie dont les diffuseurs ont 25 hectolitres fera par 24 heures 250 tonnes en moyenne. On peut par certains artifices faire plus, comme nous le verrons plus loin.

Chaque diffuseur est constitué par une enveloppe en tôle épaisse terminée par deux parties en fonte. La partie supérieure porte les soupapes et l'ouverture; la partie inférieure porte

Digitized by Google

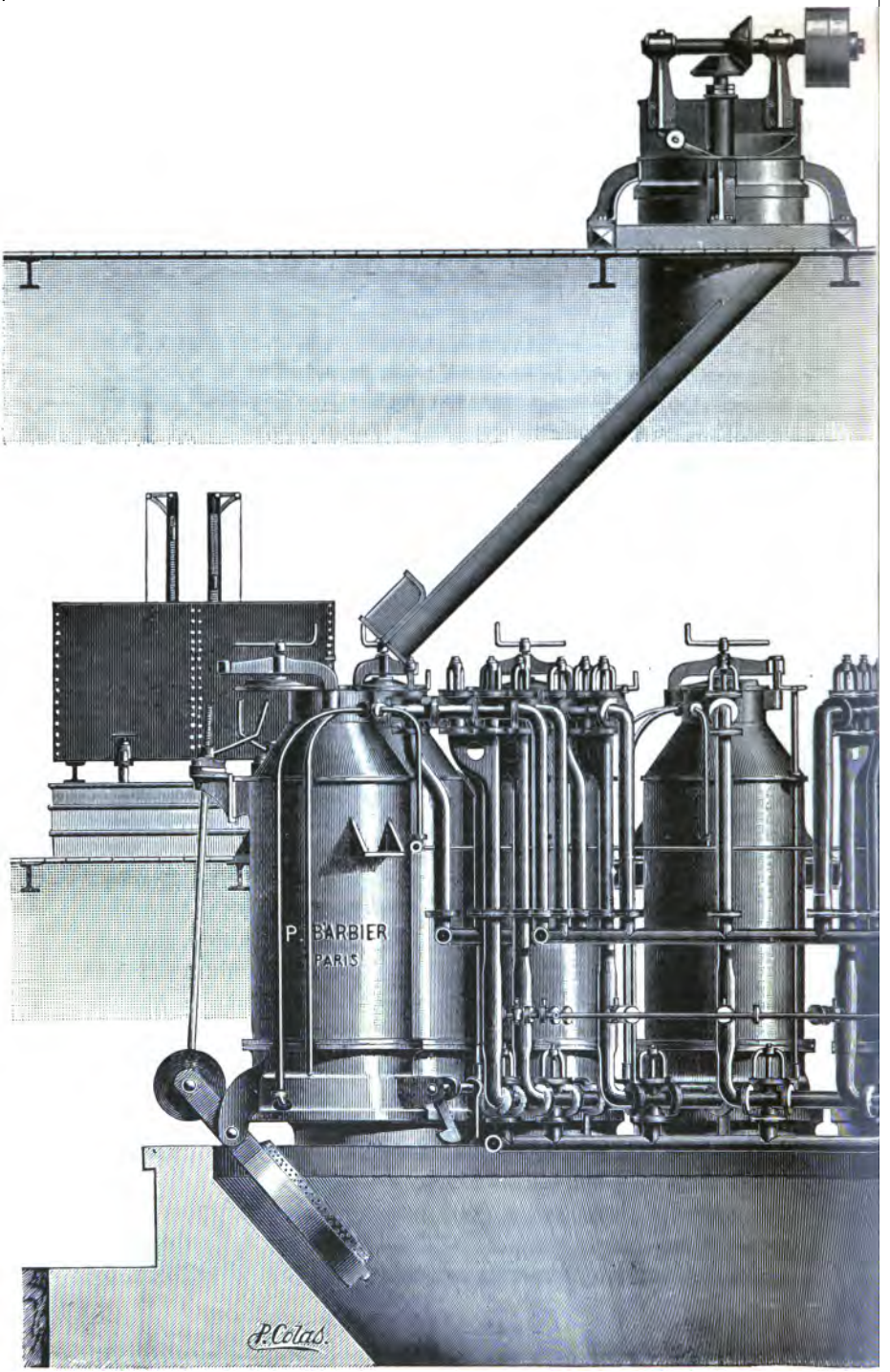


Fig. 22. — Diffusion Barbier

Digitized by Google

la vidange et à la tubulure de communication avec le calorisateur.

Il est préférable cependant de construire la partie cylindrique en tole, on évite ainsi l'attaque du fer par l'acide sulfurique de la vinasse lorsqu'on emploie ce liquide dans la diffusion. Les diffuseurs Barbier (fig. 22) sont maintenant construits entièrement en fonte.

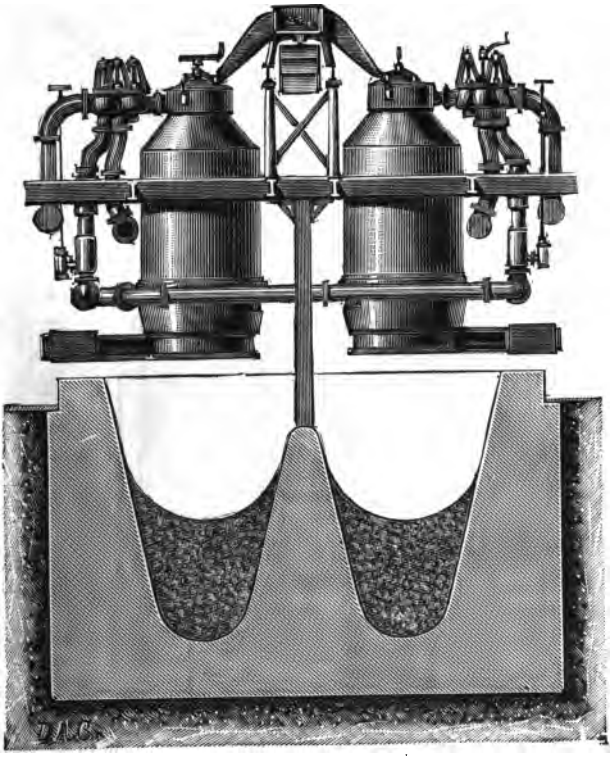


Fig. 23. — Diffusion en ligne.

La partie en tôle est soit cylindrique soit tronconique. Dans ce cas la partie la plus étroite est en bas.

La partie supérieure est très conique, afin d'éviter des espaces morts, inutilisés et où la cossette ne subit qu'un épuisement imparfait ; elle se termine par une ouverture horizon-

Digitized by Google

tale avant un diamètre de 5 à 600 millimètres pour le chargement. La partie qui porte l'ouverture est cylindrique et est munie latéralement d'une conduite sur laquelle sont branchées les soupapes.

Quelquefois la partie cylindrique en fonte porte un épaulement destiné à recevoir une crépine en tôle pour empêcher la

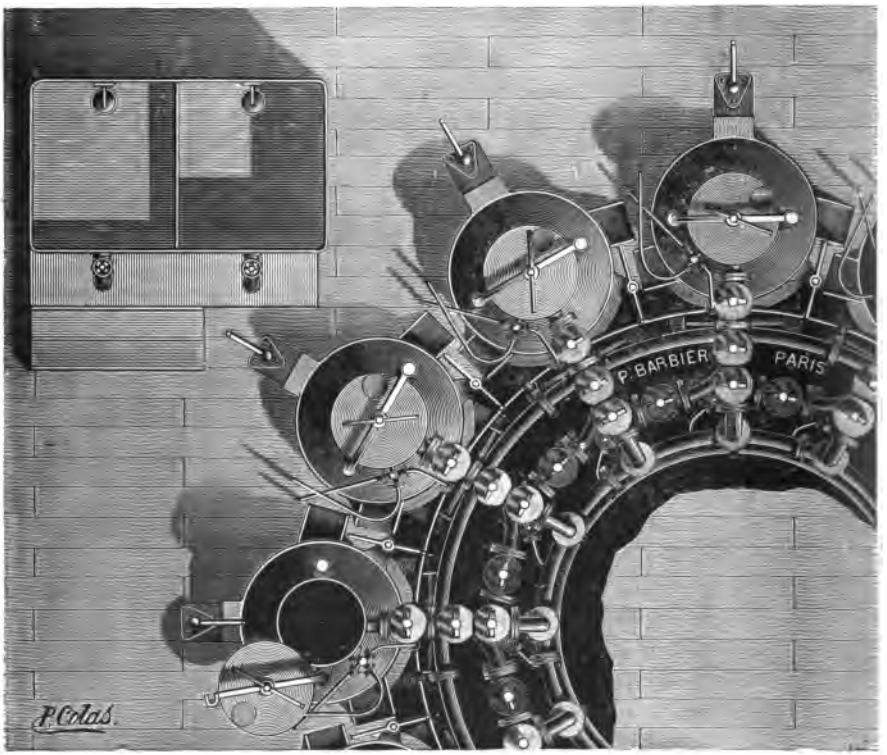


Fig. 24. — Diffusion Barbier (plan)

dispersion des cossettes. Mais en général on supprime cette pièce.

Les soupapes sont les suivantes : 1° Communication permettant de faire circuler le jus d'un diffuseur dans le suivant. 2° Eau permettant de donner la pression dans la batterie. 3° Jus. Cette dernière soupape sert à l'extraction du jus. 4° Vapeur.

Digitized by Google

Elle sert à l'introduction de la vapeur dans les calorisateurs ou dans les éjecteurs. 5° Air. Cette dernière soupape ne s'emploie que dans le cas où l'eau est insuffisante et où l'on est obligé de faire une partie de la pression avec l'air. 6° Soupape générale à jus. Cette soupape est placée près du bac à jus et commande ce bac, elle se place sur la conduite à jus. La partie inférieure en fonte du diffuseur a une forme conique, elle se termine par une porte en fonte et latéralement se place la conduite qui relie le diffuseur avec le calorisateur. Au-dessus du fond se trouve un double fond ou tôle perforée destinée à retenir les cossettes et à permettre au jus de se rendre dans la canalisation du calorisateur.

Dans certains dispositifs la partie inférieure en fonte n'existe pas et le cylindre de tôle ou en fonte se termine par une porte à grande section qui se manœuvre du plancher de la batterie. La porte inférieure vient reposer sur une rigole venue de fonte où se loge un joint creux ou joint hydraulique dans lequel on injecte de l'eau distillée obtenue par la condensation de la vapeur dans un serpentin entouré d'eau froide. Ce joint est muni d'un robinet à trois eaux permettant le remplissage, l'isolement d'avec la conduite d'eau et la vidange au moment où l'on va ouvrir la porte du diffuseur.

Les portes inférieures ont jusqu'à 1 mètre de diamètre lorsqu'elles sont horizontales. Elles ont environ 500 lorsqu'elles sont latérales. Une articulation avec clavette et deux crampons solides complètent l'agencement de la porte inférieure. Quant à la porte supérieure, elle reçoit un joint plein en caoutchouc, un robinet recourbé pour l'expulsion de l'air et se ferme au moyen d'une arcade en fer et d'une vis de pression centrale maintenant un couvercle en fonte. Cette arcade est articulée pour l'ouverture de la porte.

Entre chaque diffuseur on dispose pour le chauffage un calorisateur. Cet appareil se compose d'une chemise en fonte dans laquelle se trouve soit un faisceau tubulaire maintenu par deux plaques tubulaires, soit un serpentin en cuivre. La surface de chauffe des calorisateurs est calculée à raison de 1 mètre par 10 hectolitres de capacité du diffuseur.

Sur la conduite qui réunit le calorisateur à la partie supérieure du diffuseur, c'est-à-dire sur la conduite de communi-

Digitized by Google

cation se trouve disposé un thermomètre à mercure ou un thalpotasimètre à vapeur de pétrole (fig. 25 et 26).

A la partie inférieure le serpentin de vapeur du calorisateur se rend dans un retour d'eau par l'intermédiaire d'un clapet de retenue. Dans quelques installations, on supprime les calorisateurs et on chauffe directement chaque diffuseur au moyen d'un éjecteur de vapeur.

La batterie de diffusion est complétée par un bac à jus ou bac mesureur qu'on installe en double. Ce bac est muni d'un flotteur ou d'unappareil enregistreur automatique d'Horsin-Déon.

A la partie inférieure les diffuseurs reposent sur des dés en maçonnerie avec chape en ciment. Ces dés forment un cuvelage conique recouvert d'une tôle perforée et aboutissant à la fosse de l'élévateur à cossettes. La crépine d'aspiration de la pompe à eau de diffusion est placée à la partie la plus inférieure. Dans les batteries en ligne règne en outre un entraîneur de cossettes qui les conduit à l'élévateur à cossettes.

Fig. 25. Thermomètre.

Le personnel nécessaire au service de la batterie de diffusion est le suivant : un homme ou coupe-racines, un chef de batterie, un aide de batterie, un gamin au bac mesureur et un ou deux hommes dans la fosse à cossettes.

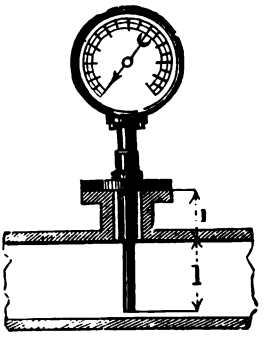


Fig. 26. — Thalpotasimètre.

A la partie supérieure et en connexion directe avec la conduite d'eau se trouve placé le bac d'eau. Sa hauteur au-dessus de la batterie est de 8 à 10 mètres et sa contenance doit être suffisante pour qu'on ne risque pas de manquer d'eau au pre-

Digitized by Google

mier arrêt de la pompe. On lui donne une contenance de 5 ou 6 diffuseurs.

Dans les distilleries où l'on emploie la vinasse bouillante à la diffusion, on est souvent gêné pour faire le service de la fosse à cossettes à cause des plaintes des ouvriers qui ne peuvent rester pieds nus dans une eau aussi chaude.

L'air comprimé nécessaire au service des batteries où l'eau est insuffisante est obtenu à une pression de un à deux kilos, soit par une pompe de compression mue par une courroie, soit par les pompes Westinghouse ou Wenger employées pour le service des freins à air comprimé pour les trains de chemins de fer. Pour ces deux dernières pompes à action directe la vapeur de retour est utilisée pour les chauffages.

Quelquefois, la pression de la batterie s'obtient au moyen d'une pompe munie d'une soupape équilibrée et d'un retour dans le bac d'aspiration, mais ce système est moins bon car la pompe doit constamment fonctionner.

Nous arivons maintenant au fonctionnement de la batterie.

Les betteraves arrivent au coupe-racines qui les débite en cossettes. Celles-ci tombent par la trémie dans les diffuseurs ou sont chargées au moyen d'un transporteur quelconque, selon les batteries et les systèmes. Pendant le chargement, on aide avec un mouvron ou une perche en bois le tassement des cossettes dans le diffuseur. Chaque diffuseur peut contenir 48 à 54 kilogrammes de cossettes par hectolitre de capacité. Lorsque le chargement est fait on ferme la porte du haut, on ajoute l'acide et on ouvre le robinet d'air.

Pour éviter l'altération ultérieure du jus et activer la transformation du sucre en sucre interverti, on acidifie les cossettes en y ajoutant de l'acide sulfurique dilué au 1/10. La quantité d'acide doit être telle que le jus soutiré ait environ 2 grammes acide sulfurique (SO^4H^2) par litre d'acidité libre. Par conséquent, si 100 kil. de betteraves donnent 120 litres de jus, il faudra ajouter au diffuseur pour que l'acidité soit de 2 grammes par litre, 240 grammes d'acide sulfurique à 66° Bé ou 200 grammes par hectolitre, cet acide étant dilué au 1/10. Si l'acide n'a pas exactement 66° Bé (D = 1.842) on tient compte de la quantité d'acide qu'il renferme en se servant de la table

Digitized by Google

suivante qui donne d'après Otto la richesse de l'acide sulfurique suivant la densité.

Table d'Otto donnant la richesse des solutions d'acide sulfurique, suivant la densité à 15°.

H^2SO^4 0/0	Densité	SO^3 0/0	H^2SO^4 0 0	Densité	SO^3 0/0
100	1.8426	81.63	50	1 3980	40.81
99	1.8420	80.81	49	1.3866	40.00
98	1.8406	80.00	48	1.3790	39.18
97	1.8400	79.18	47	1.3700	38.36
96	1.8384	78.36	46	1.3610	37.55
95	1.8376	77.55	45	1.3510	36.73
94	1.8356	76.73	44	1.3420	35.82
93	1.8340	75.91	43	1.3330	35.10
92	1.8310	75.10	42	1.3240	34.28
91	1.8270	74.28	41	1.3150	33.47
90	1.8220	73.47	40	1.3060	32.65
89	1.8100	72.65	39	1.2970	31.83
88	1.8090	71.83	38	1.2890	31.02
87	1.8020	71.02	37	1.2810	30.20
86	1.7940	70.10	36	1 2720	29.38
85	1.7860	69.38	35	1.2640	28.57
84	1.7770	68.57	34	1.2560	27.75
83	1.7670	67.75	33	1.2476	26.94
82	1.7560	66.94	32	1.2390	26.12
81	1.7450	66.12	31	1.2310	25.30
80	1.7340	65.30	30	1.2230	24.49
79	1.7220	64.48	29	1.2150	23.67
78	1.7100	63.67	28	1.2066	22.85
77	1.6980	62.85	27	1.1980	22.03
76	1.6860	62.04	26	1.1900	21.22
75	1.6750	61.22	25	1.1820	20.40
74	1.6630	60.40	24	1.1740	19.58
73	1.6510	59.59	23	1.1670	18.77
72	1.6390	58.77	22	1.1590	17.95
71	1.6270	57.95	21	1.1516	17.14
70	1.6150	57.14	20	1.1440	16.32
69	1.6040	56.32	19	1.1360	15.51
68	1.5920	55.50	18	1.1290	14.69
67	1.5800	54.69	17	1.1210	13.87
66	1.5860	53.87	16	1.1136	13.06
65	1.5570	53.05	15	1.1060	12.24
64	1.5450	52.22	14	1.0980	11.42
63	1.5340	51.42	13	1.0910	10.61
62	1.5230	50.61	12	1.0830	9.79
61	1.5120	49.79	11	1.0756	8.98
60	1.5010	48.98	10	1.0680	8.16
59	1.4900	48.16	9	1.0610	7.34
58	1.4800	47.34	8	1.0536	6.53
57	1.4690	46.53	7	1.0464	5.71
56	1.4586	45.71	6	1.0390	4.89
55	1.4480	44.89	5	1.0320	4.08
54	1.4380	44.07	4	1.0256	3.26
53	1.4280	43.26	3	1.0190	2.44
52	1.4180	42.45	2	1.0130	1.63
51	1.4080	41.63	1	1.0064	0.81

Dans d'autres usines, l'acide est ajouté au coupe-racines. Il est nécessaire dans la diffusion acide ou à la vinasse de

Digitized by Google

protéger le métal des diffuseurs contre l'attaque lente du fer, due à l'acidité. Pour cela on enduit la tôle d'un vernis à la gomme laque coloré par de l'ocre pour qu'on puisse facilement voir les endroits attaqués.

Nous supposons, pour le moment, que le travail est en pleine marche, on ouvre alors la soupape à jus de ce diffuseur et la soupape à jus du diffuseur suivant, vide. Le jus passe dans le calorisateur suivant et remonte dans le diffuseur qui vient d'être chargé, par la partie inférieure. Tous les calorisateurs de tête sont ouverts, sauf celui du diffuseur vide pour que le jus arrive chaud sur la cossette et que le mélange ait 28-30° C. Lorsque le jus sort par le robinet d'air, on ferme ce robinet, on ferme également la soupape à jus de ce diffuseur et on ouvre celle de communication.

Désignons le diffuseur qu'on vient d'emplir par le numéro 16.

Pendant l'opération du meichage (1) les soupapes suivantes sont ouvertes :

Eau, 1.
Communication, 2, 3, 4, 5, 6,... ....., 13, 14, 15.
Jus, 16, 1.

Lorsque le meichage est achevé, on soutire pendant qu'on vide le n° 1 et qu'on met la pression d'eau sur le numéro 2.

Les soupapes ont maintenant la position suivante. Ouvertes :
Eau, 2.
Communication, 3, 4, 5,....., 13, 14, 15, 16.
Jus, 2.

Il faut bien remarquer que pendant le meichage le courant est renversé et que le jus entre dans le diffuseur nouvellement chargé de cossettes fraîches, en montant pour déplacer l'air plus facilement.

Certains industriels apportent une variante à ce procédé. Ils meichent sans renverser le courant. D'autres, forcés, meichent à l'eau et soutirent à l'air comprimé pendant une partie du soutirage.

Le diffuseur 16 vient d'être chargé. Nous avons vu que pendant cette opération on fait subir au suivant, numéro 1, les opérations suivantes. Aussitôt le meichage de 16 achevé, on a

(1) Mot qui vient de l'allemand *maischen*, brasser, et qu'on emploie maintenant en France.

Digitized by Google

retiré la pression de 1 pour la porter sur 2. On a ouvert la vidange de l'eau de 1, puis quelques instants après, vers le milieu du soutirage de 16, on vide complètement 1 en ouvrant la porte du bas. Toute la masse de cossettes s'échappe dans la fosse et est prise par l'élévateur pour être envoyée aux presses Klusemann. On lave l'intérieur du diffuseur en ouvrant de quelques tours la soupape d'eau qu'on referme presque aussitôt, puis on ferme la porte du bas lorsque toute l'eau s'est écoulée. Le diffuseur 1 est alors prêt à recevoir de nouvelle cossette.

Pendant la série des opérations que nous venons d'indiquer on doit observer rigoureusement les points suivants :

1° Tenir fermée la soupape générale de jus pendant le meichage et de ne l'ouvrir qu'au moment du soutirage ;

2° Ouvrir toutes les soupapes de vapeur de la quantité suffisante pour que, par exemple, avec une batterie de 14 diffuseurs.

Le numéro 13 ait 40° C.
— 12 — 50° C.
— 11 — 60° C.
— 10 — 75° C.
— 9, 8, — 75° C.

et ainsi de suite, en ne dépassant pas 75°.

On ne chauffe plus les autres qui se refroidissent peu à peu sous l'influence de l'eau froide dans la diffusion à l'eau.

Ces règles pour le chauffage ne sont pas absolues et dépendent de conditions locales diverses : température de l'eau, nombre de diffuseurs. Nous avons pris ici l'exemple d'une batterie, permettant avec 14 ou 16 diffuseurs d'obtenir un très bon travail et un très bon épuisement.

Ces conditions changent naturellement selon que l'on a des batteries de 10 et 12 diffuseurs.

Une précaution utile est de fermer le joint hydraulique du diffuseur qu'on vient de refermer après vidange, et de fermer la vidange du diffuseur.

Le soutirage est variable selon la densité du jus soutiré, le nombre de diffuseurs et l'épuisement des cossettes.

Pour une diffusion en marche régulière, on observe les den-

Digitized by Google

sités suivantes au fur et à mesure qu'on s'éloigne du diffuseur le plus nouvellement chargé.

	Densité	Pureté apparente		Densité	Pureté apparente
1....	4,2.....	81,0	7. .	0,4.....	75,0
2.. .	4,2.....	85,7	8 ...	0,3.. ..	68,0
3....	4,1.....	82,8	9 ...	0,2.....	63,0
4....	1,2.....	86,8	10....	0,2.....	57,0
5.. .	0,8.....	89,0	11....	0,1.....	41,0
6 ...	0,5.....	77,0	12....	0,05....	30,0
			13....	0,02....	20,0

Ces chiffres sont sujets à des variations sensibles (1).

Dans une diffusion bien dirigée, il ne doit y avoir aucune interruption dans la circulation du jus et le temps employé pour chaque diffuseur doit être toujours le même.

Lorsqu'on veut mettre la batterie en marche, on opère ainsi: On remplit un diffuseur d'eau froide, puis on met la pression dessus; on ouvre la soupape de vapeur de son calorisateur, puis la soupape de communication du diffuseur suivant. On chauffe à 70°, par exemple; on remplit un troisième diffuseur d'eau à 60° et le quatrième est enfin chargé de cossettes. On meiche ce diffuseur comme à l'ordinaire et on continue le travail comme nous l'avons décrit. Lorsque la densité du jus est assez forte, on commence à soutirer; jusque-là on n'avait fait que meicher. Lorsque le cycle complet de la batterie est parcouru, on se trouve dans les conditions d'une marche normale.

Le procédé de marche que nous venons de décrire est le procédé classique. Mais bien souvent pour activer la marche de la batterie, on transforme celle-ci en deux batteries de 8 diffuseurs ou de 7 si la batterie avait précédemment 16 ou 14 diffuseurs.

Soient les diffuseurs 1, 2, 3... 14. Le diffuseur 1 vient d'être rempli de cossettes, et on meiche avec de l'eau chaude prise au diffuseur 14 pour le début du travail. Ensuite on emplit 7 de cossettes, qu'on meiche avec l'eau chaude de 6. On conti-

(1) Le plus souvent ces basses puretés sont trouvées par défaut d'exactitude des instruments et ensuite parce que l'eau ordinaire contient des matières en dissolution, en outre il y a un peu de substances en suspension. Mais si l'on purifie ce jus, et si l'on adopte un coefficient en admettant l'emploi de l'eau distillée, les puretés remontent à 70, 75, 80.

Digitized by Google

nue ainsi en emplissant alternativement 2 et 8; 3 et 9; 4 et 10; 5 et 11; 6 et 12.

Lorsque le jus a une densité suffisante on soutire. A ce moment, on commence à procéder à la vidange des diffuseurs épuisés en meichant dans une des batteries, tandis qu'on soutire dans l'autre. Pour transformer ainsi une batterie, il n'est pas nécessaire de lui faire subir de grandes modifications, il suffit d'interposer une soupape d'arrêt sur la conduite à jus de façon à l'isoler au milieu, entre les diffuseurs 7 et 8 et de mettre une seconde soupape générale à jus. La première soupape reste constamment fermée et n'est ouverte que si l'on veut rétablir la batterie primitive.

Dans ce mode de travail, on chauffe fortement tous les diffuseurs. Cela est nécessaire puisqu'on n'a plus à sa disposition que 7 diffuseurs sur 14. Le temps de la diffusion est abrégé puisque la circulation est plus rapide.

Voici quelles sont les températures qui sont préférables.

Diffuseurs	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,
	8,	9,	10,	11,	12,	13,	14.
Températures	vide,	55,	71,	72,	75,	65.	»

Il est avantageux d'employer des couteaux donnant de la fine division. Certains mêmes préconisent de la cossette à 2 mm. de largeur et 1,5 d'épaisseur, et abaissent la température à 70°, afin de ne pas transformer la pulpe en bouillie.

L'avantage de scinder la batterie en deux permet un meichage et un soutirage très rapides, par suite de la diminution de la résistance dans la batterie; le temps de la diffusion est diminué, mais, malgré cela, l'épuisement est aussi bon, parce que la température est en moyenne maintenue plus élevée.

Un autre procédé de diffusion consiste à supprimer le meichage. Le meichage, tel qu'on le pratique aujourd'hui, n'envoie au bac que du jus moins dense que celui qui reste dans la batterie. Certains suppriment le meichage par le bas, ils meichent par le haut, en maintenant le robinet d'échappement d'air ouvert, et lorsque le diffuseur est plein, ils continuent en soutirant et sans toucher aux soupapes, sauf à la soupape du bac jaugeur. En opérant ainsi, on a avantage à employer du jus très chaud qui épuise très efficacement la cossette fraîche.

Digitized by Google

Nous croyons intéressant de donner la quantité d'eau nécessaire à la diffusion.

Soit d la densité du jus initial, d' la densité moyenne au soutirage, la betterave contenant 95 p. 100 de jus ; a est la quantité d'eau pour 100 de betteraves.

$$d+a=d(1+a)$$

d'où l'on tire

$$a=\frac{d-d'}{d'-1}\times 100 \text{ pour 100 kilogrammes de jus}$$

soit une betterave à 1,060.

En appliquant la formule pour ramener cette betterave à la densité de 1,040, on aura

$$a=\frac{1{,}060-1{,}040}{1{,}040-1}=\frac{0{,}02}{0{,}040}=50 \text{ k.}$$

Mais, comme la betterave contient 95 de jus seulement, ce nombre devra être multiplié par 0,95 et donnera 47 k. 5 soit 147 kil. de jus à 4°0, ou 141 lit. 4.

Dans cet exemple nous avons supposé que la batterie avait peu de diffuseurs, ce qui explique la forte quantité de jus obtenue. Mais on peut très bien, par un travail soigné, obtenir du jus dont la densité ne soit que les 9/10 de celle du jus initial et obtenir ainsi environ 115 litres de jus par 100 kilogrammes de betteraves, chiffre qu'on tend à réduire encore. La formule ci-dessus suppose que le jus a été dilué uniformément dans l'eau, ce qui n'est pas absolument exact puisque l'épuisement a eu lieu par épuisements successifs. A la quantité d'eau donnée par la formule, il faut ajouter, lorsqu'on ne travaille pas à l'air, un demi-hectolitre environ par hectolitre de capacité du diffuseur.

Récemment, Garez a préconisé un système spécial de travail à la diffusion.

Son procédé consiste :

1° A lancer un jet de vapeur détendue sous le plateau du coupe-racines pour élever la température de la lamelle vers 30° avant son entrée dans le diffuseur.

2° A meicher le diffuseur avec du jus porté à une température voisine de 100° et à le répartir uniformément sur la lamelle au fur et à mesure de l'emplissage à l'aide d'un tuyau

Digitized by Google

perforé pénétrant dans le diffuseur et mis en communication avec une conduite spéciale amenant le jus bouillant.

Toutes les lamelles reçoivent la même quantité de jus chaud et sont portées à une température voisine de 70°. Dans ce procédé on meiche tout en poussant au bac mesureur.

Le jus sortant du diffuseur de tête est divisé en deux parties : l'une va au bac mesureur, l'autre passe par trois injecteurs Julius Blancke et est chauffé à 100° avant d'entrer au diffuseur suivant. L'écoulement est continu au bac mesureur et on gagne du temps sur la marche de la diffusion.

La conduite de la diffusion est très simple par le système Garez, et Vivien a constaté les températures suivantes :

Température du jus au bac jaugeur 70°. — *Température du jus de meichage de* 95 *à* 105°.

Diffuseurs chauffés					
N° 1	Température	85°	N° 8	Température	75°
» 2	»	85°	» 9	»	70°
» 3	»	83°	» 10	»	66°
» 4	»	82°	» 11	»	55°
» 5	»	81°	» 12	»	45°
» 6	»	80°	» 13	Eau	30 à 35°
» 7	»	80°	» 14	En vidange	

Pendant le travail de la diffusion on peut être en butte à certains accidents. Il arrive, en effet, pendant un arrêt prolongé, que la cossette se dépose au fond des diffuseurs, sinon de tous du moins de quelques-uns, surtout dans ceux de queue par suite de la cuisson. Lorsqu'on remet en marche la circulation se fait très lentement et si le collage, selon l'expression employée, est important, la circulation ne se fait plus du tout. Le remède à cet accident est facile à employer. Il suffit de reprendre chacun des diffuseurs par la fin, de l'isoler du reste de la batterie, c'est-à-dire des diffuseurs de tête et de mettre la pression d'eau dessus en ayant au préalable fermé la soupape d'eau du dernier diffuseur. La circulation s'établit en sens contraire et le courant relève les lits de cossettes. Lorsqu'on effectue cette opération, il est prudent de remettre les faux fonds perforés ou crépines des portes supérieures des diffu-

Digitized by Google

seurs afin que les cossettes ne pénètrent pas dans les calorisateurs. Lorsque la circulation n'est que ralentie, on met la pression d'eau seulement sur le premier diffuseur meiché et on envoie deux ou trois hectolitres d'eau dans la batterie.

Le défaut de circulation est dû aussi à la présence de gaz à la partie supérieure des diffuseurs. Ces gaz ont une double origine. Ils proviennent le plus ordinairement de l'air emprisonné dans les cellules de betteraves et mis en liberté par le chauffage. Dans d'autres cas, peu fréquents à la vérité, ils peuvent être dus à des fermentations dont la cause réside dans l'altération des racines. Il est facile de s'en débarrasser, en purgeant souvent la batterie, c'est-à-dire en ouvrant plusieurs fois le robinet d'expulsion d'air dont est muni chaque couvercle de diffuseur et on tire chaque fois un ou deux seaux de mousse jusqu'à ce que le liquide apparaisse. Cette opération doit être renouvelée au moins deux fois pour chaque tournée de la batterie.

On peut encore utilement se servir de l'appareil d'échappement automatique de gaz et de mousses, système Labbé, qui se compose d'une boîte cylindrique en bronze, terminée à sa partie inférieure par une bride servant à le fixer sur le diffuseur. Il est divisé en deux parties A et B par la cloison C. A l'intérieur de la partie A, se trouve logé un flotteur D surmonté d'un tube E qui lui sert de guide. — Ce tube est ouvert à sa partie supérieure, et fermé à sa partie inférieure, par une cloison au-dessus de laquelle se trouvent des ouvertures F, G, G., qui établissent la communication des deux parties A et B quand le flotteur est en bas de sa course (fig. 23).

La partie supérieure du flotteur est garnie d'une rondelle de caoutchouc H, formant clapet, qui supprime la communication A et B quand le flotteur est levé. Sur la cloison C se trouve fixée une soupape de sûreté à ressort fermant le trou J. L'appareil est fermé à sa partie supérieure par une rondelle perforée qui sert de guide au tube du flotteur.

Lors du meichage, l'air contenu dans le diffuseur s'échappe par la crépine de la bride K, passe autour du flotteur, pénètre dans le tube E, et sort par son extrémité ; les mousses suivent le même chemin et viennent se loger dans la partie B, et, lorsque le liquide arrive dans l'appareil, il soulève le flotteur

Digitized by Google

qui vient appliquer sa rondelle de caoutchouc H contre le siège L, et ferme ainsi la communication entre les deux parties A et B de l'appareil. Pendant la vidange du diffuseur, le flotteur n'étant plus soutenu par le liquide, descend par son propre poids, rétablit la communication qu'il avait interrompue en se levant, et la mousse contenue dans la partie supérieure de l'appareil retombe dans le diffuseur. Si pendant le remplissage du diffuseur, la pression du gaz vient à dépasser la limite de tension du ressort de la soupape de sûreté, cette soupape se levant, laissera échapper l'excédent de pression et supprimera ainsi le tassement des cossettes dans le diffuseur.

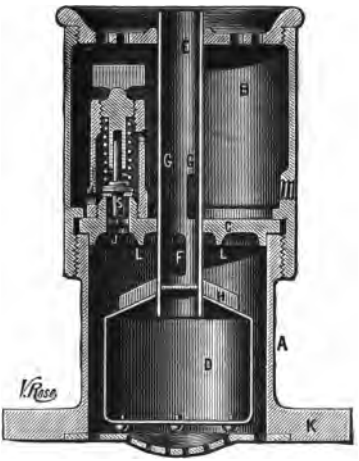


Fig. 27. — Appareil d'échappement Labbé.

L'appareil d'échappement automatique des gaz de diffusion du système Labbé, donne les avantages suivants : (fig. 27).

1° Echappement complet et automatique de l'air contenu dans le diffuseur pendant le meichage, suppression des robinets installés à cet effet.

2° Suppression complète de la projection des mousses à l'extérieur des diffuseurs.

3° Sortie des gaz supprimant le tassement anormal des cossettes et permettant d'obtenir leur épuisement complet.

L'appareil peut se fixer sur tous les systèmes de diffuseurs ;

Une condition indispensable d'un bon épuisement est que la cossette fraîche soit bien distribuée dans le diffuseur et soit bien tassée, afin que des galeries, des *lièvres* où le jus passerait de préférence ne se produisent pas pendant la circulation. Pour obtenir ce résultat pendant le chargement et lorsque le diffuseur est presque plein, on tasse la cossette avec un mouvron en bois. Lorsque ces lièvres se produisent, on s'en apercoit en faisant l'analyse de la cossette épuisée et en prélevant des échantillons en divers points du diffuseur et en les

Digitized by Google

analysant séparément. On trouve ainsi des différences considérables dans les épuisements.

Lorsqu'on est obligé d'arrêter la batterie pour une raison quelconque pendant plusieurs heures on doit, outre la purge, tirer de temps en temps un diffuseur et vider le dernier, c'est-à-dire que chaque fois on met la pression d'eau sur un nouveau diffuseur.

Une précaution qu'on ne doit jamais négliger est la fermeture de toutes les soupapes de vapeur au moindre arrêt de la circulation. On évite ainsi l'explosion des calorisateurs.

Diffusion à la vinasse. — Dans le procédé de diffusion que nous venons d'expliquer, on a appliqué les principes usités en sucrerie. Mais depuis quelques années, on tend à employer de plus en plus, par raison d'économie de combustible et d'acide et aussi parce que la fermentation se fait mieux, le système de diffusion à la vinasse dont il existe plusieurs variantes :

1° Emploi de toute la vinasse.

2° Marche à la vinasse et à l'eau.

3° Marche à la vinasse et aux jus faibles.

4° Marche à la vinasse et aux jus faibles mélangés.

Le second système est préconisé par Barbet. Les vinasses passent dans un échangeur de température aussitôt après leur sortie de la colonne à distiller et arrivent avec une température de 50°. Le meichage des diffuseurs se fait avec la vinasse tandis que le soutirage se fait à l'eau tiède. L'avantage de ce système est d'obtenir une pulpe moins acide puisqu'elle est lavée par l'eau au moment du soutirage et aussi d'abaisser sa température. L'eau d'égouttage sert à l'alimentation des laveurs à betteraves.

Dans le système où toute la vinasse est employée, on ne fait aucune distinction au meichage et au soutirage, on se borne seulement à ajouter de l'eau chaude à la vinasse, si celle-ci est en quantité insuffisante.

Les petites distilleries agricoles emploient les jus faibles, soit séparément et alternativement avec la vinasse, celle-ci étant rentrée au meichage, soit ensemble comme dans le cas de la vinasse et de l'eau.

Digitized by Google

Diffusion simplifiée.

Guillaume, Egrot et Grangé ont appliqué récemment un nouveau système de diffusion qui se compose de trois diffuseurs tronconiques dont le plus petit diamètre est à la partie inférieure. Le diamètre moyen est de 60 centimètres et la hauteur de 4 mètres.

La robinetterie est réduite à un robinet à trois eaux faisant communiquer chaque diffuseur avec la vinasse, la circulation et le soutirage.

La conduite unique amène les petits jus, la vinasse et l'eau, elle est munie d'un robinet à trois eaux portant les indications petit jus, vinasse, eau, fermé.

Nous allons expliquer sommairement d'après Guillaume le fonctionnement de la diffusion simplifiée.

Pour le fonctionnement de cette diffusion, chaque diffuseur est idéalement fractionné dans sa hauteur en cinq parties, de manière à répartir et à fractionner la circulation du jus dans les diffuseurs d'une façon correspondante, et à faire en sorte que chaque tranche de cossettes, dans chacun des diffuseurs, se trouve en contact avec la fraction correspondante du jus en circulation pendant un même temps pour *chaque station de fractionnement*. On arrive ainsi à obtenir une méthodicité beaucoup plus grande dans l'enrichissement du jus, et, par suite, dans l'épuisement des cossettes, pour un nombre donné de diffuseurs.

Le meichage des diffuseurs se fait en poussant avec les petits jus, réchauffés vers 95-98°, sur le diffuseur de queue, et le tirage au bac se fait en poussant, sur ce même diffuseur de queue, avec la vinasse ayant 70° environ.

Pour meicher le diffuseur de tête, le jus venant du bas du diffuseur précédent arrive par le haut, et il est réparti sur la périphérie interne du diffuseur, par un dispositif spécial, pour couler le long et tout autour des parois. Cette disposition a pour but d'empêcher, par la chute libre du jus, le tassement des cossettes dans la partie centrale.

Pour bien fixer les idées, voyons exactement comment est réglé ce fonctionnement pour une distillerie qui travaille 10.000 kilos de betteraves par jour :

Digitized by Google

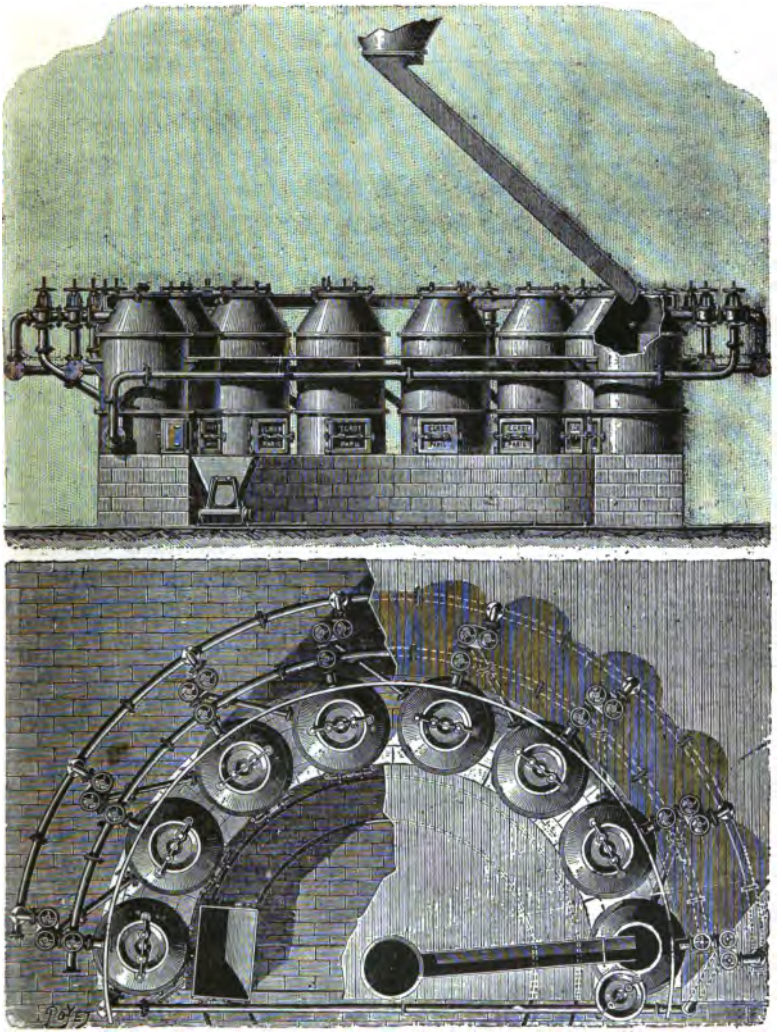


Fig. 28. — Diffusion Egrot et Grangé,

Pour ce travail, il suffit de faire 20 diffuseurs, à 500 kilos chacun, par 24 heures, soit exactement un diffuseur par $\frac{24 \text{ h.}}{20}$

5

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

= 72 minutes, mettons 70 minutes ; c'est donc un diffuseur

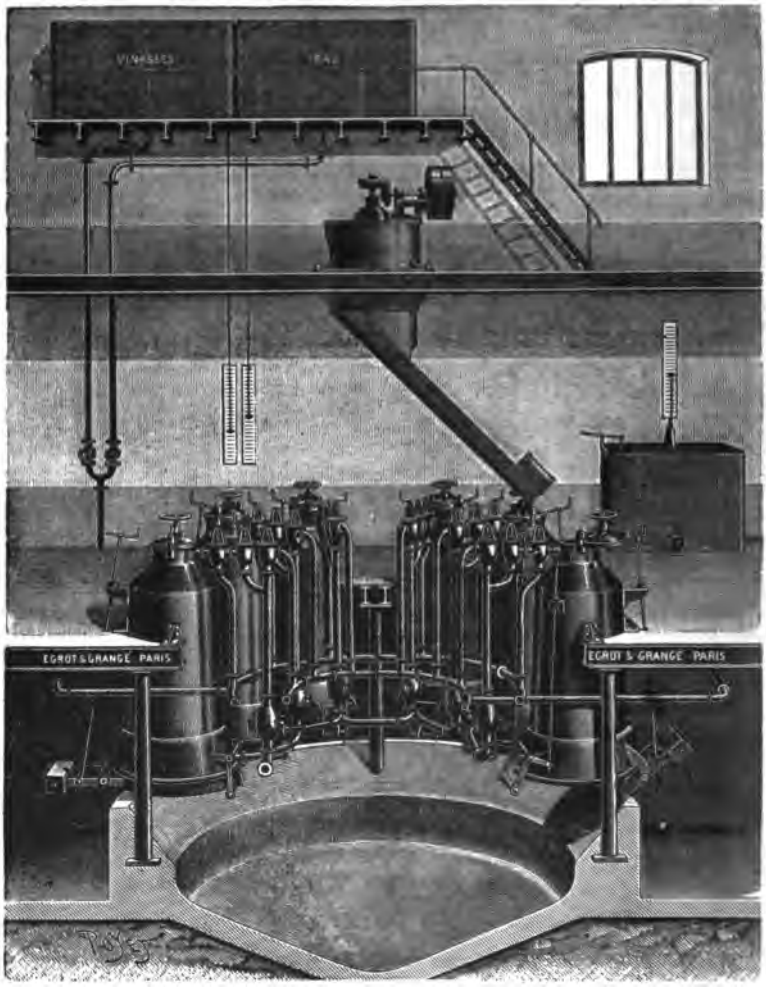


Fig. 29. — Diffusion Egrot et Grangé.

toutes les 70 minutes, c'est-à-dire toutes les une heure 10 minutes.

Digitized by Google

Chaque meichage nécessite, très approximativement, 100 litres de jus pour 100 kilos de cossettes fraîches ; le tirage au bac étant fait à raison de 160 litres de jus par 100 kilos de cossettes fraîches, (pour des betteraves de 6° à 6°,5 de densité prises comme exemple), il faut tirer 800 litres de jus par diffuseur. Admettons que la vidange du diffuseur de queue et sa remise en état, pour recevoir un nouveau chargement, demandent 5 minutes à partir du moment où cesse le tirage au bac du diffuseur de tête ; il reste ainsi $70 - 5 = 65$ minutes pour l'emplissage et les tirages au bac.

Le coupe-racines débite une quantité telle que l'emplissage entier du diffuseur se fait en 25 minutes environ. Dès que le premier cinquième du diffuseur est près d'être rempli, on meiche cette première partie, en faisant arriver le jus du bas du diffuseur précédent par le haut du diffuseur en emplissage, comme il vient d'être dit, de façon que le premier cinquième du fond soit rempli et meiché dans un espace d'environ 5 minutes. Pendant ce temps, le coupage continue, de manière, qu'après un second espace de 5 minutes, le deuxième cinquième du diffuseur soit rempli et meiché de la même façon ; il en est de même pour les troisième, quatrième et cinquième parties, de telle sorte qu'au bout de 25 minutes, environ, le diffuseur entier est rempli et meiché. On le ferme alors, et l'arrivée de jus venant du bas du diffuseur précédent reste ouverte et en charge sur le haut de ce nouveau diffuseur. Il reste encore alors 40 minutes pour que la durée de 70 minutes attribuée pour chaque diffuseur soit écoulée ; et, si le diffuseur a reçu 500 kilos de cossettes fraîches, d'une part, le meichage, lui a donné en même temps d'autre part, environ 500 litres de jus en 25 minutes, *soit environ* 100 *litres toutes les* 5 *minutes*, d'après le fractionnement qu vient d'être indiqué.

Comme on a admis que nous tirions au bac à raison de 160 litres de jus par 100 kilos de betteraves, il faut passer au bac, pendant les 40 minutes qui restent pour que les 70 minutes soient écoulées, $1 \text{ lit. } 6 \times 500 = 800$ litres de jus frais. Pour faire ce tirage, nous continuons à fractionner chaque diffuseur, comme précédemment et nous tirerons ainsi le cinquième de 800 litres, soit 160 litres, toutes les 8 minutes, ou,

Digitized by Google

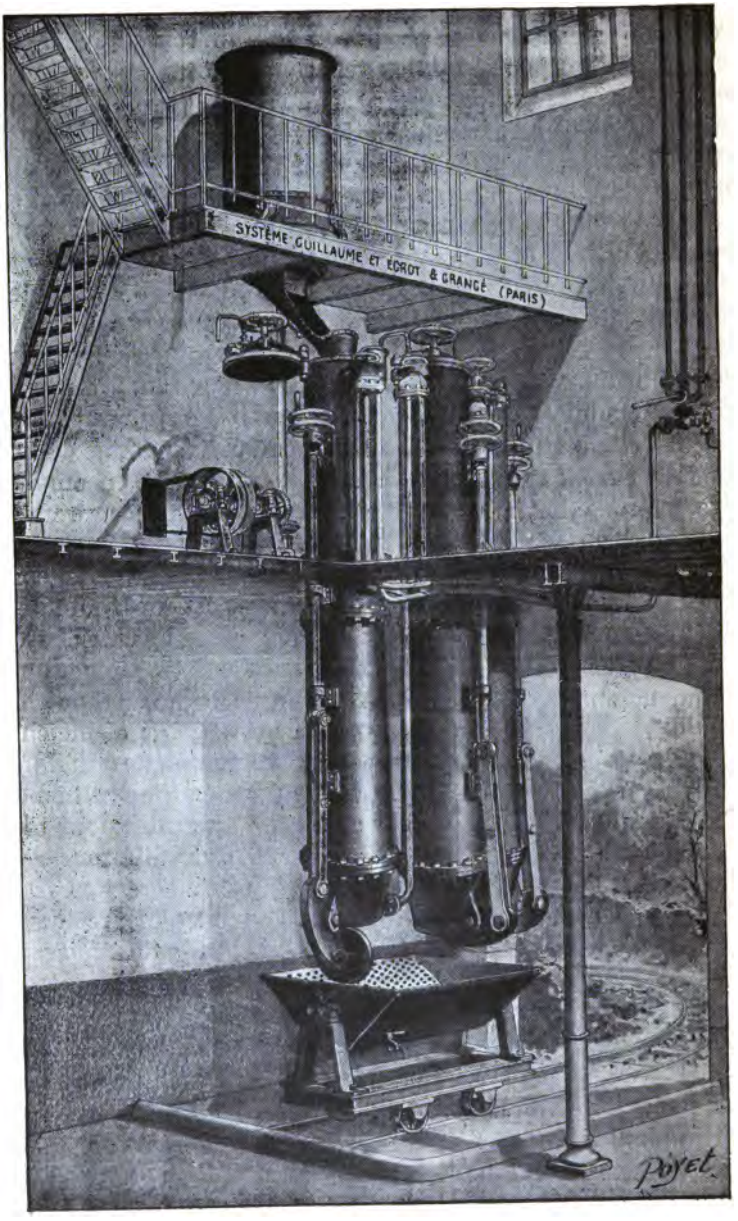


Fig. 30. — Diffusion simplifiée

Digitized by Google

ce qui revient au même tout en étant plus simple et plus régulier, 100 litres toutes les 5 minutes; ceci détermine un déplacement correspondant de 100 litres toutes les 5 minutes dans l'intérieur de tous les diffuseurs, déplacement qui est égal en volume et en durée à celui qui s'est produit par meichage pendant la période de remplissage.

Au moyen de cette division du travail, on voit que le stationnement du jus, dans chaque diffuseur, est bien fractionné comme si chaque tranche représentait un diffuseur isolé, et que chaque fractionnement de jus se trouve bien en contact avec chacune des tranches successives de cossettes pendant un même temps pour lui permettre d'établir l'équilibre entre sa richesse et celle de la cossette.

La dose d'acide par diffuseur est également répartie en 5 fractions, sensiblement égales, qui sont mises à chaque fractionnement correspondant de l'emplissage des diffuseurs.

On comprend aisément les avantages de cette façon de procéder qui permet d'obtenir un bon épuisement des cossettes, et une densité relativement élevée pour les jus frais, avec un nombre très restreint de diffuseurs.

C. — *Presses à cossettes.*

Lorsque la diffusion est achevée on vide les diffuseurs. Pour cela on ouvre le robinet qui se trouve à la partie la plus inférieure du diffuseur, sans cependant laisser vider complètement ce dernier, puis on desserre le joint hydraulique et on ouvre la porte inférieure. A ce moment on ouvre le robinet d'air du couvercle supérieur.

Toute la masse sort du diffuseur.

La pulpe tombe ainsi dans la fosse et on l'aide généralement à se rendre sur l'élévateur à pulpe au moyen de fourches.

Lorsqu'on emploie la vinasse pure et chaude, les hommes ne peuvent naturellement pas se rendre dans la fosse à pulpe. Dans ce cas, l'installation doit être faite pour que le travail de la fosse à pulpe soit supprimé et que l'enlèvement des pulpes se fasse au moyen d'élévateurs métalliques.

L'eau d'égouttage filtre au travers du fond perforé et est

Digitized by Google

reprise par une pompe. Elle sert à l'alimentation des laveurs.

L'élévateur à cossettes se compose d'une double chaîne enroulées sur deux poulies à gorge et garnie de godets en fer plat. Ces godets sont guidés entre deux cornières, comme l'élévateur à betteraves. Lorsqu'on peut disposer d'une fosse profonde on se sert d'un transporteur à hélice qui conduit les cossettes et l'eau au pied de l'élévateur. L'eau passe à travers les trous des godets et est recueillie au dehors. A la partie supérieure de l'élévateur à cossettes, celles-ci tombent dans une nouvelle hélice qui les distribue aux presses.

Les presses le plus généralement employées sont les presses Kluzemann.

Presses Kluzemann. — Les cossettes entrent dans un entonnoir et sont amenées par l'élévateur dans une chambre entre le cône et la paroi en tôle perforée où elles sont pressées et débarrassées de leur excès d'eau. Le cône s'élargit au fur et à mesure que la cossette descend, contrainte par les bras en fonte ou en fer dont est muni le cône et qui, par le mouvement de rotation, entraîne la masse vers le bas.

L'eau de pression s'écoule entre la tôle perforée et la paroi pleine extérieure, passe par un tuyau et sort, tandis que la pulpe sort par petits paquets. Un cône en fonte dont la hauteur se règle par des écrous permet de régler la pression et le débit de la presse.

La pulpe de diffusion renferme 95 p. 100 d'eau à la sortie des diffuseurs. Cette presse permet de ramener ce taux d'humidité à 86 p. 100 au minimum, ce qui correspond à 35,9 p. 100 de la pulpe initiale non pressée. Ces presses dépensent assez de force (1 cheval 1/2). Le mouvement est donné par une poulie et un engrenage. Le débit moyen d'une presse pour 90 p. 100 d'humidité (soit 50 p. 100 de pulpe) est de 50.000 à 60.000 kilogrammes de betteraves par jour.

Il existe d'autres presses à pulpes. Nous citerons, sans les décrire, la presse Bergreen dont la construction est analogue à la presse Kluzemann et la presse Selwig et Lange. Toutes ces presses sont basées sur la pression sur une tôle perforée par rétrécissement graduel de l'espace réservé au passage de la pulpe.

Digitized by Google

La presse Bergreen est plus puissante, elle absorbe 4 chevaux et peut servir pour un travail de 125 tonnes par jour.

Le travail des presses à cossettes est soumis à des perturbations dont la cause doit être recherchée dans le mauvais travail de la diffusion.

Lorsqu'on chauffe trop les diffuseurs, la pulpe devient très molle et ne se presse pas. En outre, elle ralentit le débit de la presse. Il faut, pour le bon fonctionnement des presses, que la cossette n'ait pas subi une température réelle supérieure à 80°.

A la sortie des presses la pulpe est recueillie en tas et on l'ensile au fur et à mesure en la piétinant.

Les silos les plus recommandables sont ceux en maçonnerie avec drains et sole en pente pour l'écoulement de l'eau. Cette pulpe ne tarde pas à entrer en fermentation alcoolique, puis acétique et enfin butyrique. Son volume diminue considérablement et l'eau en excès s'écoule au dehors. Dans cet état, elle est plus facilement acceptée par le bétail.

La régularité dans l'alimentation des presses à cossettes est une des conditions de leur bonne marche. Pour que la pulpe soit bien pressée, les presses ne doivent jamais être vides ou à moitié vides.

Dans les petites distilleries agricoles, on ne presse pas les pulpes, on les laisse simplement égoutter, puis on les ensile.

D. — *Contrôle de la diffusion.*

Le contrôle de la diffusion comprend les opérations suivantes :

Analyse des betteraves, des cossettes, du jus de diffusion, des cossettes épuisées, de l'eau de vidange des diffuseurs et de la recherche du sucre dans les eaux de condensation des calorisateurs et du dosage de l'humidité dans la pulpe pressée.

Analyse des betteraves. — Nous avons suffisamment donné de détails dans le chapitre I pour qu'il ne soit pas utile d'y revenir ici.

Analyse des cossettes fraîches. — C'est sur les cossettes fraîches prélevées régulièrement à la sortie du coupe-racines qu'on dose le sucre entré à la diffusion, car on a reconnu qu'il y a une différence de 0.2 à 1 0/0 en plus, en opérant sur les bette-

Digitized by Google

raves entières prélevées même en grande quantité. Cet échantillon est passé dans un hache-viande, on le mélange bien et on en fait le dosage du sucre par le procédé de digestion aqueuse. On opère en double. Connaissant le poids des betteraves travaillées par jour, il est facile d'avoir le sucre entré dans la batterie.

Analyse du jus de diffusion. — Il est nécessaire de bien connaître exactement le volume soutiré ; aussi les appareils automatiques sont-ils indispensables. Les échantillons de jus recueillis de préférence sur tous les diffuseurs sont recueillis dans un flacon contenant du sublimé ou du sous-acétate de plomb solide pour éviter l'altération et on en fait l'analyse. On ramène le sucre trouvé par hectolitre au nombre d'hectolitres dont cet échantillon représente la richesse moyenne et on a ainsi la pureté de ce jus et le coefficient salin.

Analyse des cossettes épuisées. — On passe un échantillon pris à chaque diffuseur au moment de la vidange dans un hache-viande *ad hoc* qui ne sert que pour cet usage et on analyse le jus qu'on obtient par expression du magma. Quelques centimètres cubes de sous-acétate de plomb suffisent pour la décoloration. La lecture au polarimètre se fait dans un tube de 40 ou 50 cc. On ramène le sucre trouvé à 100 kilos de betteraves en tenant compte que 100 kilos de cossettes égouttées représentent sensiblement 106 à 108 kilos de betteraves. Cependant, des expériences plus récentes de Rydlewski indiquent que 100 kilos de betteraves donnent environ 100 p. 100 de cossettes épuisées.

On peut vérifier le dosage du sucre dans les cossettes épuisées par la liqueur de Fehling par le dosage au saccharimètre. On pèse le double poids normal dans 200 centimètres cubes, on fait digérer une demi heure au bain-marie à 85-90°, on complète à 200 centimètres cubes, on agite, on filtre, on polarise dans un tube de 50 ou de 60.

Pour doser directement le sucre dans les cossettes épuisées, on pèse 20 grammes de pulpe, qu'on additionne de 150 cc. d'eau environ dans un ballon de 200 cc, à large col, on porte à l'ébullition durant 15 minutes avec les précautions d'usage, avec addition de 1 gramme d'acide tartrique. Avec l'acide sul-

Digitized by Google

furique, on a trop de réducteur, la cellulose est attaquée. On complète les 200 cc. après refroidissement et on agite, puis on filtre. Avant de compléter exactement à 200 cc. on met quelques centimètres de sous-acétate de plomb pour déféquer la liqueur.

Sur le liquide on dose le glucose à l'aide de 2 ou 5 cc. de liqueur de Violette.

Admettons qu'on ait pris 1 cc. de liqueur de Violette pour lesquels on a dû employer 8 cc. de liqueur invertie, on a : 1 cc. de liqueur de Violette = 0 gr. 005 sucre cristallisable, donc 8 cc. = aussi 0,005 de sucre cristallisable. Si 8 cc. = 0,005, 200 cc. = x et x = 0,125 de sucre total cristallisable. Si 20 gr. de pulpe épuisée = 0 gr. 125 de sucre, 100 grammes de pulpe épuisée = 0 gr. 625 de sucre total (sucre cristallisable et sucre inverti).

Pour des cossettes moins riches, on doit prendre 50 grammes de pulpe dans 200 cc. Le calcul est le même.

Le procédé à la liqueur cuivrique est seul applicable aux produits de la diffusion par la vinasse.

Analyse de l'eau des diffuseurs. — Cette eau ne contenant que très peu de sucre, on ajoute simplement quelques gouttes de sous-acétate de plomb et on polarise dans un tube de 40 ou 50 centimètres. La lecture faite au polarimètre à poids normal de 16 gr. 29, multipliée par 8,1 pour le tube de 40 et par 6,5 pour le tube de 50 donne le poids du sucre par hectolitre. Lorsqu'on travaille à l'eau, la quantité d'eau de vidange des diffuseurs peut être considérée comme égale au poids de la betterave travaillée. Toutes les pertes doivent être ramenées au poids de la betterave ou de la cossette entrée dans l'usine. Pour tous ces dosages, on dresse des tables évitant tout calcul. Chaque laboratoire a sa table spéciale suivant le saccharimètre et le tube employés. Pour la diffusion par la vinasse, il faut employer la liqueur de Violette.

De bilan de la perte à la diffusion se fait ainsi :

Sucre entré dans la batterie		A
Sucre dans	le jus de diffusion	*a*
—	les cossettes épuisées	*b*
—	l'eau des diffuseurs	*c*
—	les pertes indéterminées	*d*

$$A = a + b + c + d$$

Digitized by Google

Les pertes indéterminées doivent être aussi faibles que possible. On est dans de bonnes conditions de travail si l'on a les nombres suivants:

Sucre entré dans la batterie.....	12 »
Sucre dans le jus de diffusion.....	11.60
— les cossettes épuisées (0,25 0/0,.....	0.25
— l'eau des diffuseurs (0.05 0/0).....	0.05
— les pertes inconnues.....	0.10
	12 »

Pertes inconnues. — Ces pertes ont des causes diverses. On peut perdre du sucre dans les eaux de retour des calorisateurs. On le recherche par le procédé colorimétrique de Pellet.

La question des pertes inconnues a beaucoup passionné les chimistes pendant ces dernières années. Parmi ceux-ci, Pellet croit devoir affirmer que les pertes indéterminées à la diffusion n'existent pas et que lorsqu'elles se présentent, elles sont dues à la défectuosité des procédés d'analyse employés. Il se base pour asseoir cette affirmation sur ce fait que ces pertes indéterminées sont de moins en moins importantes et que de 0.7 qu'elles étaient autrefois, elles ne sont plus que 0.3. D'ailleurs expérimentalement, avec un controle extrêmement rigoureux, on retrouve exactement dans les jus le sucre entré à la diffusion. Elles peuvent encore être dues à des défauts dans la prise des échantillons, à des pertes mécaniques.

Aussi au fur et à mesure que le contrôle est mieux établi, les pertes inconnues à la diffusion sont-elles réduites de plus en plus. Evidemment, après chaque journée, on peut avoir un écart entre le sucre entré et celui retrouvé dans le jus plus les pulpes, mais après la semaine les différences en plus ou en moins s'égalisent. De plus, il faut faire attention au mesurage des jus, tenir compte de la température précise des échantillons à tous les mesureurs, etc., etc. (Voir le travail de Pellet). En outre de l'échantillonnage précis des cossettes fraîches, si l'on n'a pas les moyens de contrôler sérieusement le sucre entré par les cossettes fraîches, mieux vaut ne prendre pour leur richesse que le sucre dans le jus, plus les pertes constatées, on sera plus près de la vérité.

Digitized by Google

Humidité de la pulpe épuisée. — Le contrôle de la bonne marche des presses à cossettes doit se faire souvent en dosant l'humidité dans la pulpe p. 100 de betterave qui correspond à l'humidité trouvée.

Humidité	Matières sèches	Pulpe 0/0 de betterave
95	5	100
94	6	80
93	7	71
92	8	62
91	9	55
90	10	50
89	11	45
88	12	42
87	13	38
86	14	36
85	15	33

Lorsqu'on compare au point de vue analytique le jus de betterave et le jus de diffusion à l'eau, on trouve en général que la pureté de ce dernier est un peu plus grande que celle du jus de betterave obtenu par la presse.

D'après Pellet, le jus de diffusion contient moins de sucres réducteurs que le jus initial.

Dosage du sucre dans la râpure d'après Stammer (méthode par l'alcool). La méthode de Stammer permet de doser directement le sucre dans la betterave, ce qui évite la cause d'erreur due à l'incertitude de la quantité de marc. La méthode suppose que la préparation de la râpure a été faite suivant les indications de Stammer. Celle-ci doit être bien homogène. On opère ainsi : 100 grammes ou plus de la râpure mélangée sont pesés dans une capsule et introduits au moyen d'un jet d'alcool de 92° dans un entonnoir large reposant sur une fiole de 386 centimètres cubes. Après lavage des ustensiles, on agite et on ajoute 8 centimètres cubes de sous-acétate de plomb. Après avoir agité plusieurs fois on complète avec de l'alcool jusqu'au trait. On abandonne pendant une demi-heure après avoir bouché la fiole, puis on filtre en recouvrant l'entonnoir avec une plaque de verre. Lorsque tout le liquide est filtré, on mélange bien et on polarise dans un tube de 400 millimètres qu'on a lavé avec le liquide. Le volume fait correspond à

Digitized by Google

100 grammes de substance et au poids normal allemand de 26 gr.,048 et en tenant compte du marc (0 cc.6).

Nous complétons ici les indications que nous avons données page 20 sur la liqueur cuivrique de Violette.

Préparation de la liqueur de Violette. — Dans plusieurs laboratoires on préfère conserver chacune des liqueurs séparément et prendre au fur et à mesure des besoins 5 centimètres cubes de l'une et 5 centimètres cubes de l'autre, formant 10 centimètres cubes correspondant à 0,05 de glucose ou 0,05 de sucre cristallisable.

Lorsqu'on ne possède pas de soude caustique solide, on peut employer les lessives de soude et alors on peut opérer autrement la préparation directe de la liqueur Violette mélangée. Soit, ainsi que le recommande Violette :

1° Peser le sulfate de cuivre et le dissoudre avec 140 cm³ d'eau.

2° Mélanger d'autre part le sel de Seignette avec 450 ou 500 cm³ d'une solution de soude caustique à 24° Baumé (Densité 1199) ou 550 à 600 cm³ d'une solution de soude caustique à 22° Baumé (Densité 1180) suivant qu'on doit préparer une liqueur à 0,05 de glucose ou à 0,05 de sucre cristallisable pour 10 centimètres cubes.

On verse la liqueur n° 2 dans un flacon de 1 litre et dans cette liqueur on y projette la solution de sulfate de cuivre en agitant, les liqueurs étant bien refroidies. On lave les ballons ou capsules et on complète à 1 litre à la température de 15°. Lorsque cette liqueur est préparée avec des produits purs, elle se conserve très longtemps sans altération.

VÉRIFICATION DU TITRE DE LA LIQUEUR VIOLLETTE. PRÉPARATION DE LA LIQUEUR TITRÉE DE GLUCOSE. — Lorsque tout a été bien pesé et que le sulfate de cuivre est de préparation récente, non effleuri, la liqueur terminée correspond très exactement au titre voulu.

Mais il est toujours prudent de la vérifier. Il faut alors préparer une liqueur titrée de sucre (sous forme de sucre inverti).

On prépare une solution correspondant à 0 gr. 05 de glucose ou de sucre cristallisable par 10 cm³ généralement; lorsqu'on veut doser le glucose on part du titre 10 cm³ = 0,05 de glucose. Si l'on doit tout transformer en sucre cristallisable, ce

Digitized by Google

qui peut se faire pour la distillerie, puisque le point de départ est le sucre, on prépare la liqueur titrée au titre de 10 cm³ = 0,05 de sucre cristallisable.

On pèse donc 5 grammes de sucre raffiné et sec qu'on introduit dans un ballon de 1 litre. On y ajoute 500 cm³ d'eau distillée et 10 grammes d'acide sulfurique pur, en ayant soin d'agiter.

On laisse au bain-marie bouillant de 15 à 20 minutes. Refroidir et compléter à 1 litre après avoir mis un antiseptique quelconque, soit 1 gramme d'acide salicylique, soit 0 gr.1 de bichlorure de mercure.

Généralement le sucre n'est pas absolument pur. Il contient un peu de cendres et de substances étrangères.

Pour le beau sucre raffiné on peut se contenter de doser l'eau, d'ajouter à ce chiffre 0,05 pour l'ensemble de toutes les impuretés. Si donc, on a dosé 0,15 0/0 d'eau, le total des impuretés est de 0,20. Soit sucre pur 99,8. On pèse donc $\frac{5 \times 100}{99,8} = 5,01$ de sucre raffiné pour avoir 5 gr. de sucre pur et sec.

Certains sucres de qualité ordinaire peuvent renfermer 0,10 de substances étrangères.

Les liqueurs titrées étant préparées comme il est dit, on en vérifie le titre de la manière suivante :

On met 10 cm³ de liqueur Violette (10 cm³ = 0,05 de sucre cristallisable par exemple) dans un tube long de 20 à 22 centimètres, et ayant 20 à 22 millimètres de diamètre. On en fait maintenant en verre spécial qui résistent parfaitement au feu malgré une forte épaisseur.

On porte à l'ébullition et on verse dans cette liqueur cuivrique la liqueur sucrée (invertie) placée dans une burette graduée, d'abord quelques dixièmes de cm³, puis on chauffe à l'ébullition. Aussitôt on renouvelle une seconde addition et ainsi de suite. Il est inutile de prolonger l'ébullition, la réduction ayant lieu très rapidement.

Peu à peu la liqueur se décolore. Un précipité d'oxydule rouge de cuivre se forme et se dépose plus ou moins rapidement. Vers la fin de l'opération, lorsque la liqueur n'est plus que légèrement bleutée, on verse goutte à goutte. Mais après

Digitized by Google

chaque goutte ou deux, on porte à l'ébullition et on attend quelques secondes afin de laisser déposer le précipité et mieux examiner la liqueur. Avec les liquides incolores, la fin de l'opération est très facile à saisir et on reconnaît qu'une goutte suffit pour obtenir la décoloration exacte ou si elle est en excès, produire une teinte jaunâtre.

On renouvelle un second et un troisième essai et on doit trouver que 10 cm³ de cette liqueur sucrée décolorent 10 cm³ de liqueur Viollette dont 10 cc. = 0 gr. 05 de sucre cristallisable.

Si le sulfate de cuivre employé est un peu desséché, il faut alors une plus grande quantité de liqueur sucrée. On doit donc étendre la liqueur cuivrique.

Admettons qu'on ait eu en moyenne 10 cm³,2 de liqueur sncrée pour 10 cm³ de liqueur cuivrique, on doit étendre cette liqueur en prenant 100 cm³ et en faisant 102 cm³ ou 500 cm³ et en faisant 510 centimètres cubes.

Application de la liqueur Viollette au dosage du sucre cristallisable dans un jus de betteraves. — Avant tout on doit procéder à l'inversion du jus ou la compléter dans le cas de diffusion acide et ensuite étendre la liqueur pour que 10 cm³ renferment environ 0 gr. 05 à 0,07 de sucre.

Maintenant, on peut admettre les jus ordinaires provenant directement du râpage de la betterave comme ayant une richesse de 11 à 14 0/0 cm³. Donc on peut mesurer dans un ballon de 200 cm³, 10 cm³ de jus à analyser, on y ajoute 100 cm³ d'eau contenant 1 gramme d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique. On fait bouillir quelques minutes (2 ou 3) ou bien on laisse au bain-marie bouillant pendant 10 à 15 minutes. On refroidit et on complète à 200 cm³ à 15-20 puis on agite.

On mesure d'autre part 10 cm³ de liqueur Viollette dans un tube spécial qu'on porte à l'ébullition et on y verse la solution à analyser du jus inverti également placé dans une burette. On procède par additions successives, et peu à peu on en arrive au point exact de décoloration. Avec ces liqueurs incolores, il est inutile de se servir de réactifs quelconques pour saisir la fin de l'opération. Elle est très nette directement.

On note le volume de liquide sucré employé, au besoin on

Digitized by Google

fait un second essai et on calcule le sucre cristallisable renfermé dans le jus de betteraves.

Admettons les résultats et chiffres suivants :

1° Titre de la liqueur Viollette : 10 cm³ = 0 gr. 05 sucre cristallisable.

2° Pris 10 cm³ jus de betteraves dans 200 centimètres cubes.

3° Volume employé pour décolorer 10 cm³ de liqueur Viollette : 7 cc. 8.

Donc, si 10 cm³ liqueur Viollette = 0 gr. 05 de sucre cristallisable, les 7 cm³, 8 de la liqueur employée pour les décolorer = aussi 0 gr. 05 de sucre cristallisable.

Si 7 cm³, 8 de liqueur sucrée = 0,05 de sucre cristallisable.

200 cc. = x

et $x = \frac{0{,}05 \times 200}{7 \text{ cc. } 8} = 1$ gr. 282 de sucre.

Comme cette quantité de sucre a été apportée par 10 cm³ de jus, 100 cm³ de jus renferment donc 12 gr. 82 de sucre cristallisable.

Lorsqu'on a beaucoup d'essais à faire on ne prend que 5 cm³ au lieu de 10 cm³ de liqueur Viollette à chaque dosage. La marche du calcul est la même. De plus, si l'on se sert toujours de 10 cm³ de liqueur Viollette, on adresse une table permettant de lire de suite le résultat cherché d'après le volume du liquide employé pour le décolorer.

Dosage direct du sucre cristallisable dans la betterave ou les cossettes par la liqueur Viollette.— Si la distillerie ne possède pas de saccharimètre, on peut aussi doser directement le sucre cristallisable dans la pulpe de betteraves au moyen de la liqueur Viollette.

Il suffit pour cela de peser 10 grammes de matière prélevés sur l'échantillon moyen de betteraves râpées ou de cossettes hachées, et de les introduire dans un ballon de 100 cm³, on ajoute de l'eau jusqu'à 90 cm³ et on met au bain-marie bouillant 1/2 heure ou 1 heure. La diffusion du sucre est complète. On ferme un total de 100 cm³, 5 pour tenir compte du marc. On agite, on filtre. On prend 50 cm³ de la liqueur filtrée dans un autre ballon de 100 cm³, on y ajoute 1 cm³ d'acide chlorhydrique pur et en porte à l'ébullition. On refroidit de suite,

Digitized by Google

on complète à 100 cm³ et on agite. On dose le glucose dans cette liqueur comme s'il s'agissait du jus de betteraves.

Cette manière d'opérer est plus longue que celle suivie ordinairement, Mais elle est plus exacte. On se contente généralement de mettre les 10 grammes de betteraves avec 100 cm³ d'eau, puis 1 cm³ d'acide sulfurique ou chlorhydrique, de laisser 15-20 minutes au bain-marie bouillant, puis de compléter à 200 cm³, agiter et filtrer. Doser le sucre sur la liqueur claire. Mais, en procédant ainsi on peut avoir et on a un titre trop fort. L'acide attaque un peu la cellulose. Pour éviter cette action, on remplace l'acide minéral par un acide organique, ordinairement l'acide tartrique, et on double la proportion. Soit 2 grammes d'acide tartrique par 10 grammes de pulpe à essayer et un volume de 100 cm³ d'eau.

On a donc en résumé le sucre cristallisable contenu dans 100 grammes de pulpe ou de hachure normale de betteraves.

Analyse du jus de distillerie. Dosage du glucose. — Le jus de distillerie ne contient plus tout le sucre à l'état de sucre cristallisable. On l'analyse donc absolument comme le jus de betteraves normal après inversion.

Cependant on peut avoir intérêt à déterminer la proportion de glucose existant et celle du sucre cristallisable.

L'opération est facile. On étend d'abord 10 cm³ de liqueur à essayer dans 100 cm³, et on titre le glucose, non pas en employant 10 cm³ de liqueur bleue, mais 1 cm³ ou 2 cm³ d'abord afin de voir à peu près la proportion de réducteurs.

Admettons qu'on trouve que pour 2 cm³ de liqueur Viollette on n'ait employé que 7 cm³, 6 de liqueur sucrée directe étendue.

Si 10 cm³ liqueur Viollette = 0 gr.05 de sucre.

2 cm³ — = 0gr.01 —

D'où 7 cm³ 6 de liqueur sucrée = aussi 0 gr. 01 de sucre.

Donc si 7 cm³ 6 = 0,01 sucre

100 cm³ = x

et x = 0 gr. 131.

Si 10 cm³ jus de distillerie = 0,131 de sucre cristallisable (correspondant au glucose existant),

100 cm³ = x et x = 1 gr. 31.

C'est-à-dire que dans le jus il y aurait une quantité de glu-

Digitized by Google

cose ou de sucre inverti plutôt, correspondant à 1 gr. 31 de sucre cristallisable.

Si après l'inversion totale on trouve 9,80 de sucre cristallisable la différence 9,80 — 1,31 ou 8,49 correspond au sucre cristallisable, restant encore.

Si le jus contient très peu de glucose alors, on doit le doser après avoir deféqué 100 cm³ de jus par 10 cm³ de sous-acétate de plomb. Agiter, filtrer.

Dosage du sucre total dans la pulpe épuisée.—Le dosage du sucre et du glucose dans la pulpe épuisée soit après macération, soit après diffusion, peut se faire par la méthode directe ou par la méthode indirecte, mais toujours par la liqueur cuivrique.

La pulpe de diffusion ne renferme plus que de petites quantités de sucre total de 0.20 à 2 p. cent suivant les cas. Si l'on dose le sucre total par la méthode indirecte, il faut préparer du jus de pulpe. Pour cela, hacher de la pulpe épuisée, comme s'il s'agissait de la pulpe ordinaire et presser fortement. Sur le jus obtenu on dose le sucre total. Nous entendons par sucre total le sucre restant à l'état de sucre cristallisable et celui déjà inverti pendant les opérations.

Comme le liquide obtenu est peu chargé en matière sucrée, on opère de la manière suivante. On invertit 200 cm³ de liquide en le faisant bouillir avec 1 cm³ d'acide chlor'hydrique, pendant 5 minutes. On refroidit et on complète 200 cc.

On prend 100 cm³ de jus inverti + 10 cm³ de sous-acétate de plomb, on agite et on filtre. On prend 2 ou 5 cm³ de liquide Viollette et on y verse la liqueur déféquée jusqu'à décoloration. On a le sucre total. Admettons que pour 2 cm³ liqueur Viollette on ait usé 3 cm³ de liqueur. Donc 2 cm³ = 0gr,01 sucre et 3 cm³ de liqueur sucrée inverti = aussi 0,01 de sucre total.

Si 3 cm³ = 0.01 sucre total.

110 cm³ = x.

x = 0gr.,37 de sucre total.

En pratique on admet que le calcul 0/0 du jus correspond à la perte 0/0 gramme de pulpe.

Il y a beaucoup d'autres procédés de dosage du sucre cristallisable ou du sucre inverti au moyen des liqueurs cuivriques. Il y a les procédés par pesée de l'oxyde de cuivre

Digitized by Google

calciné transformé en peroxyde de cuivre, la réduction de l'oxydule en cuivre métallique et le dosage du cuivre par les liqueurs titrées. Chaque méthode exigerait une description spéciale et nous entrainerait beaucoup trop loin et nous sommes obligés de renvoyer le lecteur à des ouvrages spéciaux traitant de ces méthodes. En pratique courante, les procédés que nous avons décrits sont bien suffisants pour exercer un contrôle sérieux et pour se rendre compte de la marche du sucre dans toutes les phases de la macération ou de la diffusion.

Nous décrirons cependant une des méthodes par pesée de l'oxydule de cuivre.

La méthode anciennement employée par Barreswill pour le dosage du sucre repose sur cette propriété qu'une solution tartrique alcaline de cuivre chauffée avec de la glucose ou autre sucre réducteur est décomposée avec précipitation d'une quantité d'oxyde de cuivre correspondante à la quantité de sucre. Cette méthode fut plus tard étudiée par Fehling, Soxhlet, Maercker, Allihn et d'autres, qui y apportèrent diverses modifications. On trouvera dans les ouvrages spéciaux les résultats obtenus par tous ces auteurs.

Les modifications apportées à cette méthode par Soxhlet et par Allihn reposent sur de nouveaux faits et permettent de doser les sucres soit par voie pondérale, soit par voie volumétrique ; elles ont, par conséquent, une importance générale. Cependant, on n'obtiendra de résultats exacts qu'en observant bien exactement les prescriptions données ; on devra d'abord employer des solutions ayant la même concentration, car autrement les tables de réduction donneraient des nombres différents.

Dosage du glucose par la liqueur de Fehling d'après Allihn. — On dissout d'une part 34 gr. 6 de sulfate de cuivre cristallisé très pur dans de l'eau distillée, et on fait 500 cm³ ; de l'autre, on dissout 173 grammes de sel de Seignette et 125 grammes d'hydrate, et on fait 500 cm³. Les deux solutions sont conservées séparément.

Pour faire l'analyse, on prend 30 cm³ de la solution cuivrique et 30 cm³ de la solution de soude qu'on met dans un vase de

Digitized by Google

Bohême ou mieux dans une capsule de porcelaine ; on étend avec 60 cm³ d'eau et on chauffe à l'ébullition. Au liquide bouillant, on ajoute, au moyen d'une pipette, 25 cm³ de la solution sucrée renfermant au maximum 1 0/0 de sucre, et on maintient l'ébullition pendant encore deux minutes. Lorsque l'oxydule de cuivre s'est déposé un peu, on filtre dans un tube de Soxhlet en faisant le vide au moyen d'une trompe, puis on lave rapidement le dépôt à l'eau chaude jusqu'à disparition de la réaction alcaline. (Bauer étend la solution avant filtration avec le double de son poids d'eau froide, et il la refroidit ensuite complètement. On évite ainsi une dissolution partielle de l'amiante, qui se produit toujours lorsque la solution est chaude et concentrée.) Ensuite on dessèche par l'alcool et l'éther, puis enfin à l'étuve à 110°. Après dessiccation complète, on réduit à une douce chaleur l'oxydule de cuivre dans un courant d'hydrogène. On laisse refroidir dans le courant de gaz hydrogène, puis on met sous l'exsiccateur, et après le départ de l'hydrogène on pèse le cuivre métallique. On obtient la quantité de cuivre réduit en retranchant le poids total après réduction de celui du tube avant filtration.

Lorsque, au lieu du tube de Soxhlet, en emploie du papier à filtrer ordinaire, il faut tenir compte que le papier retient une certaine quantité de cuivre qu'on peut déterminer une fois pour toutes pour chaque sorte de papier et pour diverses concentrations de la solution de cuivre. L'oxydule de cuivre est réduit, après combustion du filtre, dans un creuset de Rose.

La table ci-dessous d'Allihn contient les quantités de cuivre réduites correspondantes au dextrose.

Digitized by Google

Table d'Allihn pour le dosage du glucose.

CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg	CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg	CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg	CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg
10	6,1	72	36,8	134	68,2	196	100,5
11	6,6	73	37,3	135	68,8	197	101,0
12	7,1	74	37,8	136	69,3	198	101,5
13	7,6	75	38,3	137	69,8	199	102,0
14	8,1	76	38,8	138	70,3	200	102,6
15	8,6	77	39,3	139	70,8	201	103,1
16	9,0	78	39,8	140	71,3	202	103,7
17	9,5	79	40,3	141	71,8	203	104,2
18	10,0	80	40,8	142	72,3	204	104,7
19	10,5	81	41,3	143	72,9	205	105,3
20	11,0	82	41,8	144	73,4	206	105,8
21	11,5	83	42,3	145	73,9	207	106,3
22	12,0	84	42,8	146	74,4	208	106,8
23	12,5	85	43,4	147	74,9	209	107,4
24	13,0	86	43,9	148	75,5	210	107,9
25	13,5	87	44,4	149	76,0	211	108,4
26	14,0	88	44,9	150	76,5	212	109,0
27	14,5	89	45,4	151	77,0	213	109,5
28	15,0	90	45,9	152	77,5	214	110,0
29	15,5	91	46,4	153	78,1	215	110,6
30	16,0	92	46,9	154	78,6	216	111,1
31	16,5	93	47,4	155	79,1	217	111,6
32	17,0	94	47,9	156	79,6	218	112,1
33	17,5	95	48,4	157	80,1	219	112,7
34	18,0	96	48,9	158	80,7	220	113,2
35	18,5	97	49,4	159	81,2	221	113,7
36	18,9	98	49,9	160	81,7	222	114,3
37	19,4	99	50,4	161	82,2	223	114,8
38	19,9	100	50,9	162	82,7	224	115,3
39	20,4	101	51,4	163	83,3	225	115,9
40	20,9	102	51,9	164	83,8	226	116,4
41	21,4	103	52,4	165	84,3	227	116,9
42	21,9	104	52,9	166	84,8	228	117,4
43	22,4	105	53,5	167	85,3	229	118,0
44	22,9	106	54,0	168	85,9	230	118,5
45	23,4	107	54,5	169	86,4	231	119,0
46	23,9	108	55,0	170	86,9	232	119,6
47	24,4	109	55,5	171	87,4	233	120,1
48	24,9	110	56,0	172	87,9	234	120,7
49	25,4	111	56,5	173	88,5	235	121,2
50	25,9	112	57,0	174	89,0	236	121,7
51	26,4	113	57,5	175	89,5	237	122,3
52	26,9	114	58,0	176	90,0	238	122,8
53	27,4	115	58,6	177	90,5	239	123,4
54	27,9	116	59,1	178	91,1	240	123,9
55	28,4	117	59,6	179	91,6	241	124,4
56	28,8	118	60,1	180	92,1	242	125,0
57	29,3	119	60,6	181	92,6	243	125,5
58	29,8	120	61,1	182	93,1	244	126,0
59	30,3	121	61,6	183	93,7	245	126,6
60	30,8	122	62,1	184	94,2	246	127,1
61	31,3	123	62,6	185	94,7	247	127,6
62	31,8	124	63,1	186	95,2	248	128,1
63	32,3	125	63,7	187	95,7	249	128,7
64	32,8	126	64,2	188	96,3	250	129,2
65	33,3	127	64,7	189	96,8	251	129,7
66	33,8	128	65,2	190	97,3	252	130,3
67	34,3	129	65,7	191	97,8	253	130,8
68	34,8	130	66,2	192	98,4	254	131,4
69	35,3	131	66,7	193	98,9	255	131,9
70	35,8	132	67,2	194	99,4	256	132,4
71	36,3	133	67,7	195	100,0	257	133,0

Digitized by Google

CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg	CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg	CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg	CUIVRE réduit mg	GLUCOSE mg
258	133,5	310	162,	362	191,1	413	220,4
259	134,1	311	162,	363	191,7	414	221,0
260	134,6	312	163,	364	192,3	415	221,6
261	135,1	313	163,7	365	192,9	416	222,2
262	135,7	314	164,2	366	193,4	417	222,8
263	136,2	315	164,8	367	194,0	418	223,3
264	136,8	316	165,3	368	194,6	419	223,9
265	137,3	317	165,9	369	195,1	420	224,5
266	137,8	318	166,4	370	195,7	421	225,1
267	138,4	319	167,0	371	196,3	422	225,7
268	138,9	320	167,5	372	196,8	423	226,3
269	139,5	321	168,1	373	197,4	424	226,9
270	140,0	322	168,6	374	198,0	425	227,5
271	140,6	323	169,2	375	198,6	426	228,0
272	141,1	324	169,7	376	199,1	427	228,6
273	141,7	325	170,3	377	199,7	428	229,2
274	142,2	326	170,9	378	200,3	429	229,8
275	142,8	327	171,4	379	200,8	430	230,4
276	143,3	328	172,0	380	201,4	431	231,0
277	143,9	329	172,5	381	202,0	432	231,6
278	144,4	330	173,1	382	202,5	433	232,2
279	145,0	331	173,7	383	203,1	434	232,8
280	145,5	332	174,2	384	203,7	435	233,4
281	146,1	333	174,8	385	204,3	436	233,9
282	146,6	334	175,3	386	204,8	437	234,5
283	147,2	335	175,9	387	205,4	438	235,1
284	147,7	336	176,5	388	206,0	439	235,7
285	148,3	337	177,0	389	206,5	440	236,3
286	148,8	338	177,6	390	207,1	441	236,9
287	149,4	339	178,1	391	207,7	442	237,5
288	149,9	340	178,7	392	208,3	443	238,1
289	150,5	341	179,3	393	208,8	444	238,7
290	151,0	342	179,8	394	209,4	445	239,3
291	151,6	343	180,4	395	210,0	446	239,8
292	152,1	344	180,9	396	210,6	447	240,4
293	152,7	345	181,5	397	211,2	448	241,0
294	153,2	346	182,1	398	211,7	449	241,6
295	153,8	347	182,6	399	212,3	450	242,2
296	154,3	348	183,2	400	212,9	451	242,8
297	154,9	349	183,7	401	213,5	452	243,4
298	155,4	350	184,3	402	214,1	453	244,0
299	156,0	351	184,9	403	214,6	454	244,6
300	156,5	352	185,4	404	215,2	455	245,2
301	157,1	353	186,0	405	215,8	456	245,7
302	157,6	354	186,6	406	216,4	457	246,3
303	158,2	355	187,2	407	217,0	458	246,9
304	158,7	356	187,7	408	217,5	459	247,5
305	159,3	357	188,3	409	218,1	460	248,1
306	159,8	358	188,9	410	218,7	461	248,7
307	160,4	359	189,4	411	219,3	462	249,3
308	160,9	360	190,0	412	219,9	463	249,9
309	161,5	361	190,6				

Dosage du glucose par la méthode de Kjeldahl. — De nouvelles études ont été faites par Kjeldahl sur le dosage des sucres, qui ont donné des résultats très importants.

La forme du vase où se fait l'ébullition a une certaine importance, car l'air exerce moins d'action sur l'oxydule de cuivre pendant la filtration que sur la surface du liquide pendant l'ébullition. Lorsque cette surface est étendue, la liqueur de

Digitized by Google

Fehling absorbe de l'oxygène et le cuivre précipité est en moins grande quantité. Kjeldahl a constaté, en outre, qu'une solution concentrée de Fehling peut, par l'ébullition, même sans qu'il y ait de sucre en présence, laisser précipiter de l'oxyde de cuivre. Kjeldahl évite d'ailleurs l'accès de l'oxygène pendant l'ébullition en faisant la réduction dans un vase d'Erlenmeyer et dans un courant d'hydrogène ou de gaz d'éclairage privé d'oxygène. La durée du chauffage est de vingt minutes.

L'analyse se fait, d'après Kjeldahl, de la manière suivante : dans une fiole d'Erlenmeyer de 150 cm^3, on introduit d'abord la quantité mesurée de solution cuprique et on étend à 100 cm^3. Alors on commence à faire passer le courant de gaz inerte pendant vingt minutes exactement sur le bain-marie bouillant. La filtration et la pesée de l'oxydule de cuivre se font comme d'habitude.

La concentration de la solution de Fehling est celle employée par Kjeldahl ; cependant il n'emploie pas les solutions non mélangées, ni le sel de Seignette et la lessive de soude ensemble.

Afin de maintenir constamment la quantité de liquide à 100 cm^3, Kjeldahl prépare deux solutions cupriques et deux lessives correspondantes. La solution cuprique A contient $2 \times 34{,}639 = 69$ gr., 278 $CuSO^4 + 5\ H^2\ O$; la solution cuprique B, au contraire, contient le double, soit 138 gr., 556 de sulfate de cuivre cristallisé. La lessive A contient 130 grammes d'hydrate de soude pure, et la lessive B 260 grammes Na OH déterminés par titrage.

Si, maintenant, on veut employer une quantité de liqueur de Fehling correspondant à 15, 30, 50, 75 ou 100 cm^3, on dissout 2,6 — 5,2 — 8,65 — 13 ou 17 gr.,3 de sel de Seignette pur dans 7,5 — 15 ou 25 cm^3 de lessive A, ou dans 18,75 ou 25 cm^3 de lessive B, puis on ajoute des volumes égaux des solutions cupriques correspondantes A ou B.

On ajoute ensuite la solution sucrée à analyser et la quantité d'eau nécessaire pour que le volume total soit de 100 cm^3, puis on fait arriver l'hydrogène ou le gaz d'éclairage dans la solution et on chauffe pendant vingt minutes au bain-marie.

Les tables usitées jnsqu'à présent ne pouvant être utilisées dans ce mode de dosage du sucre, Kjeldahl a déterminé par un

Digitized by Google

grand nombre d'essais la proportion du cuivre au sucre et construit une table dans laquelle sont indiquées les quantités de sucre correspondant à un milligramme de cuivre.

Titrage du glucose par la liqueur de Fehling d'après Soxhlet. — On prépare la solution en prenant 34 gr., 639 de sulfate de cuivre dont on fait 500 cm³ avec de l'eau. Une seconde solution contient pour 100 cm³ 173 grammes de sel de Seignette, 100 cm³ de lessive de soude (à 500 grammes d'hydrate de soude par litre).

Pour faire un dosage, on prend 25 cm3 de solution cuprique et 25 cm³ de solution de Seignette qu'on porte à l'ébullition dans une capsule de porcelaine, puis avec une burette on verse le liquide sucré jusqu'à ce que le liquide ne paraisse plus bleu après deux minutes d'ébullition.

Par cette analyse préliminaire on fixe approximativement la teneur en sucre de la solution, puis on la dilue jusqu'à ce qu'elle renferme au plus 1 0/0 de sucre. Ensuite on mélange 50 cm³ de liqueur de Fehling avec une quantité correspondante de solution sucrée, on maintient à l'ébullition pendant deux minutes, puis on essaye s'il y a encore du cuivre. Dans ce but, on filtre une partie du liquide et on l'essaye après l'avoir acidifié par l'acide acétique, par le ferro-cyanure de potassium. On n'emploie pour cet essai que les premières gouttes du filtrat ; s'il y a encore du cuivre il se produit, suivant la quantité, une coloration rouge plus ou moins intense.

S'il en est ainsi, on fait un nouvel essai en prenant une plus grande quantité de solution sucrée et l'intensité de la réaction du cuivre permet d'arrêter l'essai exactement au point où il n'y a plus de cuivre en excès.

Ces essais sont continués jusqu'à ce que deux essais donnent avec une différence de 0 cm³ 1 de solution sucrée, l'un un excès de cuivre et l'autre pas de cuivre dans la solution. Avec une certaine habitude, il suffit de faire 5 ou 6 opérations pour obtenir le résultat exact. Avec les liquides colorés il est difficile de reconnaître la fin de l'opération. Dans ce cas, Soxhlet propose d'opérer comme suit : une partie du filtrat est chauffé pendant une minute avec quelques gouttes de solution sucrée,

Digitized by Google

puis on laisse reposer pendant trois minutes. Après décantation on observe les dernières gouttes avec du papier à filtrer enroulé autour d'un agitateur pour voir s'il ne s'est pas déposé de l'oxydule de cuivre au fond de la capsule.

50 cm³ de liqueur de Fehling correspondent à 0 gr. 2975 de glucose. Pour les dosages exacts on titre la liqueur par de la glucose pure, préparée d'après les indications de Soxhlet.

Le dosage du sucre par titrage volumétrique donne d'aussi bons résultats que la méthode pondérale, mais il faut opérer avec des solutions incolores ou peu colorées et il est nécessaire de les clarifier par le sous-acétate de plomb et de l'acide sulfurique étendu avant l'analyse.

Dosage du glucose d'après la méthode de Reischauer-Kruis. — Cette méthode a l'avantage d'être rapide à appliquer sans l'emploi de la balance.

Pour doser le sucre on emploie un dispositif en forme d'étoile pour maintenir une série de tubes à essai au moyen de pinces et de 5 pipettes contenant dans la partie inférieure évasée 1, 2, 3, 4, 5, cm³ et dont la partie cylindrique porte un cm³ divisé en centièmes. Pour le dosage, la solution de glucose doit être étendue de telle sorte que 100 cm³ ne contiennent pas plus de 0 gr. 5 de glucose. On met, sans chacun des 6 tubes à essai numérotés, 5 cm³ de solution sucrée et ensuite 1, 2, 3, etc., cm³ de liqueur de Fehling ; on agite et on met au bain-marie bouillant pendant vingt minutes exactement.

Après avoir retiré le support, on voit si le liquide surnageant est encore jaune ou bleu, c'est-à-dire si tout le cuivre a été précipité ou non. En filtrant une partie du liquide du tube qui est devenu jaune, on reconnaît par l'essai au prussiate jaune s'il y a encore du cuivre.

Si, par exemple, c'est le 5e tube, contenant 5 cm³ de liqueur de Fehling qui reste bleu, et le 4e avec 4 cm³ qui est décoloré, on recommence l'essai en prenant 4 cm, 15 — 4,3 — 4,45 — 4,6 — 4,75 — 4,9 de liqueur de Fehling. Si maintenant c'est le troisième avec 4 cm³ 45 qui est décoloré et le suivant (4,6) qui reste bleu, on fait un troisième essai en mettant dans le premier tube 4 cm³ 47 et dans le dernier 4 cm³ 59. Si enfin l'essai montre que la décoloration est entre 4, 51 et 4,53, on

Digitized by Google

admettra que le chiffre exact est 4 cm³ 52 pour 5 cm³ de solution sucrée.

La méthode de Reischauer-Kruis donne également des résultats très exacts si l'on prend les précautions suivantes : employer une liqueur de Fehling nouvellement préparée, contenant par litre exactement 34 gr. 693 de liquide avec une pipette contrôlée à 15°.

2. — Presses continues.

Comme la constitution spongieuse et poreuse du marc rend difficile la transformation de la betterave en un moût assez concentré, on a pensé de suite à extraire le jus de la betterave par pression de la râpure et à le faire fermenter à part. Dans les distilleries françaises provenant des sucreries trans-

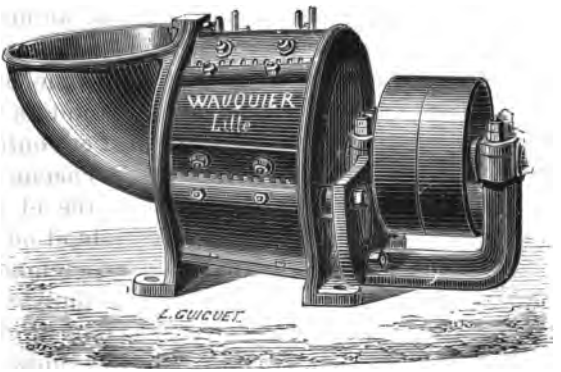


Fig. 31. — Rape centrifuge Champonnois, Système Vauquier.

formées ou annexées à des sucreries, on avait adopté ce procédé dès le début.

Pour extraire le jus des betteraves, il faut, au préalable, les râper après un lavage soigné. A cet effet on se sert d'une râpe à dents de scie fraisées ou à dents ondulées disposées sur un tambour en fonte fretté, analogue à celle des anciennes sucreries.

Digitized by Google

A. — *Râpes.*

Râpe Champonnois. — Cette râpe, inventée par Champonnois, se compose d'un tambour creux, fixe, à surface intérieure dentée, dans l'intérieur duquel tourne, avec une vitesse de 800 à 1.000 tours, un disque en fonte à deux ou trois branches, dont les bras rasent la surface cylindrique. Les betteraves, introduites dans le tambour par la trémie, sont entraînées par le mouvement de rotation des palettes; en vertu de la force centrifuge, elles s'appliquent fortement contre la surface interne qui les râpe ; la pulpe détachée sort par des lumières ménagées à cet effet dans le tambour et tombe dans un bac sur lequel est boulonnée la râpe.

Dans les installations importantes on dispose deux râpes symétriquement, ainsi que le montre la figure 32. Le bac de râpe est traversé par un agitateur tournant à une faible vitesse pour mélanger intimement la rapure avec l'eau acidulée qu'on y fait arriver pendant le rapage.

Il vaudrait mieux pour le travail que la râpure ne fût pas additionnée d'eau ; mais on ne peut malheureusement opérer ainsi, parce que l'extraction du jus serait trop faible et les pompes à pulpe ne fonctionneraient pas. On est donc obligé d'ajouter de l'eau à la râpe, si l'on veut que la pression se fasse bien. La quantité d'eau ajoutée au pressin est de 30 p. 100 environ. Avec les presses continues on n'emploie pas d'eau, mais le petit jus de la seconde pression ou la vinasse. On obtient ce petit jus en malaxant les pulpes de première pression avec de l'eau et pressant dans une seconde batterie. L'addition d'acide sulfurique se fait encore dès le râpage, non sur la râpe, mais sous le tambour au moment où le pressin arrive sur un tablier de cuivre vers le bac réservoir.

On emploie encore les râpes à sabots analogues ou identiques aux anciennes râpes de sucreries. L'alimentation des betteraves après lavage se fait au moyen d'une trémie à claire voie. Les betteraves tombent dans les cavités des pousseurs, généralement au nombre de 3 et 4. Ces pousseurs en fonte appliquent fortement la betterave sur la râpe et favorisent le râpage. Les pousseurs sont actionnés par un mouvement d'excentrique et lorsqu'ils sont arrivés au bout de leur course,

Digitized by Google

un contre-poids les ramène en arrière pour permettre à de

Fig. 32. — Râpe centrifuge double, construction Wauquier.

nouvelles betteraves de prendre la place de celles qui ont été râpées.

Digitized by Google

Il est d'une grande importance que la betterave soit débitée en une râpure très fine. Aussi lorsque la râpe a fonctionné pendant quelques heures est-elle usée, les dents sont émoussées, usées ou aplaties. Quelquefois une pierre ou un morceau de métal ravage toute la surface de la râpe et en met une partie hors d'usage. On s'aperçoit que la râpe a besoin d'être changée lorsque la râpure renferme des semelles de betterave non râpée. Ces morceaux sont une perte pour le distillateur parce que la diffusion du sucre ne se fera pas dans le macérateur, le temps étant trop court.

Le rhabillage de la râpe se fait en desserrant les frettes, retirant les liteaux et remplaçant ou retournant les lames en forme ondulée ou de dents de scie.

Il est donc bon d'avoir une seconde râpe de rechange et quelquefois même une troisième, pour éviter les interruptions dans le travail de râpage.

L'acide sulfurique, nous l'avons dit, s'ajoute pendant le râpage, soit sur la râpe, soit dans le pressin.

Cet acide doit être étendu au moyen des petits jus des presses obtenu par la seconde pression des presses continues.

La râpure qui s'échappe des râpes vient frapper le cylindre en tôle qui enveloppe la râpe et dégorge ensuite dans le bac à pressin, situé soit au-dessous de la râpe, soit latéralement. Un agitateur, met continuellement ce pressin en mouvement et favorise le mélange avec le petit jus acide.

La quantité d'acide à ajouter est variable et nous renvoyons au chapitre de la pratique de la fermentation pour les doses à employer.

B. — Presses Dujardin.

Le pressin acidifié, étendu et envoyé dans le bac à pulpe séjourne pendant un certain temps, une diffusion partielle s'y opère, et l'eau acidulée ajoutée au râpage (40 à 60 0/0) affaiblit la richesse du jus et, par conséquent, diminue la perte occasionnée par la proportion de ce jus qui restera dans la pulpe pressée. De plus, les cellules non déchirées contenant un jus pur et riche, étant baignés dans un liquide plus pauvre, il s'établit un rant osmotique du jus des cellules vers la partie liquide, et un équilibre plus ou moins parfait de la richesse se produit dans ces deux parties

Digitized by Google

Le pressin ayant ainsi subi un commencement de diffusion est pressé une première fois, la pulpe pressée est délayée dans un macérateur horizontal, ou vertical (fig. 37) par un arbre à palettes, avec environ deux fois son poids d'eau chaude aci-

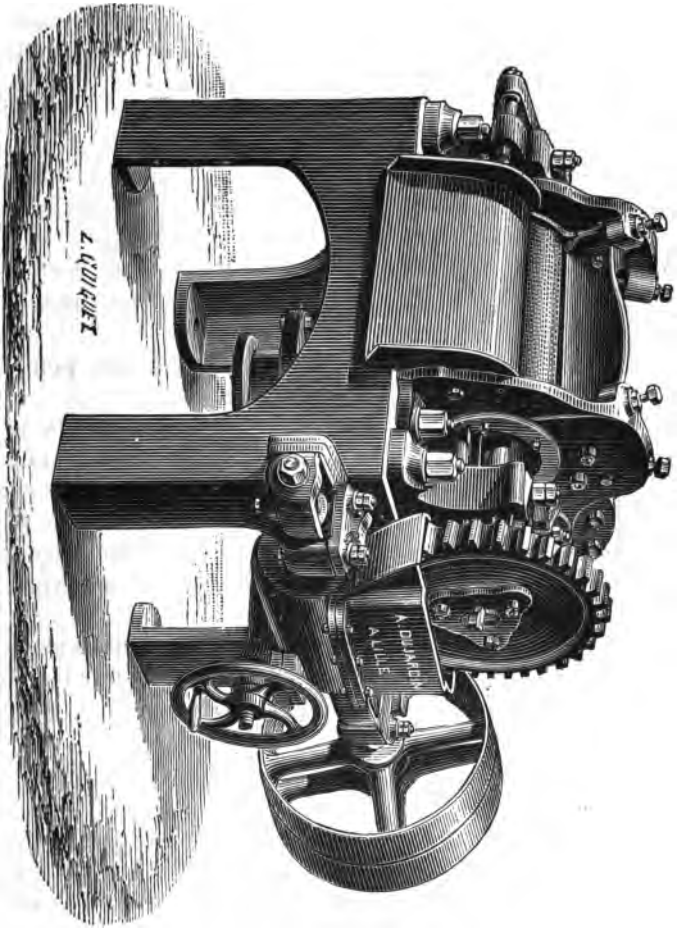


Fig. 33. — Presse Dujardin, construction Waquier.

dulée ou de vinasses. La diffusion ou macération se complète, on presse une seconde fois, et le jus de cette seconde pression, faible en densité et pauvre en sucre, est envoyé sous la râpe et constitue l'apport d'eau acidulée nécessaire à l'opération du

Digitized by Google

râpage et à la première macération dans le bac réservoir de la râpe.

Ainsi, au lieu de mettre de l'eau acidulée, préparée spécia-

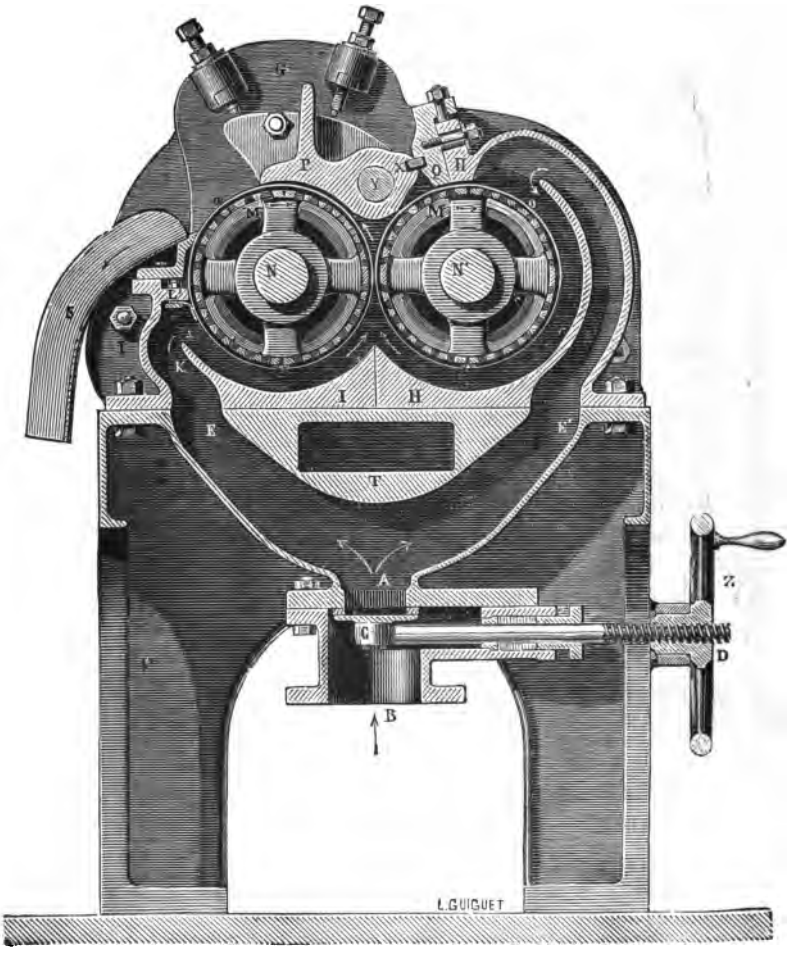


Fig. 31. — Presse Dujardin.

lement pour cet emploi, sous la râpe, pour saisir le pressin aussitôt sa formation. on se sert du jus faible provenant de la macération ou diffusion de la pulpe de première pression. Le jus qui s'écoule de la première pression est donc seul mis en

Digitized by Google

fermentation. On arrive ainsi à obtenir un résultat complètement satisfaisant, sans affaiblir en excès la richesse du jus par deux additions successives d'eau. Dans ces conditions, au lieu de perdre dans la pulpe définitivement pressée le cinquième ou le sixième du sucre de la betterave, on n'en perd guère qu'un douzième au plus.

Les quantités d'eau ou de vinasse à employer varient avec la richesse de la betterave et avec l'épuisement final qu'on veut obtenir.

La quantité d'acide est déterminée par l'acidité libre que doit contenir le jus pour la fermentation. Mais ce n'est pas seulement comme opération préparatoire à la fermentation qu'on acidifie le jus pendant la période d'extraction. Aussitôt que le jus de betteraves est en contact avec l'air, il s'oxyde, se colore et commence à s'altérer, l'acidité empêche ces réactions ; de plus, la diffusion du sucre des cellules non déchirées est beaucoup plus rapide dans un liquide acide que dans un liquide neutre; enfin, l'acide produit une certaine défécation ou coagulation des matières albuminoïdes et fluidifie le jus qui s'écoule plus facilement à la pression et enrichit en même temps la pulpe en matières nutritives.

Ensuite la râpure est aspirée dans un tuyau qui débouche dans le fond du bac, par une pompe à pulpe à double effet et passe à travers une grille qui retient les semelles et les queues de betteraves. Elles arrivent ensuite aux presses Dujardin par le tuyau B en A (*fig.* 34). Ces presses ont complètement remplacé les presses hydrauliques autrefois en usage et que pour cette raison il est inutile de décrire. On trouvera d'ailleurs leur mode de fonctionnement dans les anciens traités de la fabrication du sucre.

La presse Dujardin se compose des parties suivantes :

A. Chambre de distribution du pressin.
B. Introduction du pressin dans la presse.
C. Soupape de réglage pour l'introduction du pressin.
D. Manœuvre de la soupape C.
EE. Canaux à pressin.
G. Support des écrous RR.
HHH. Paroi des canaux à pressin.

Digitized by Google

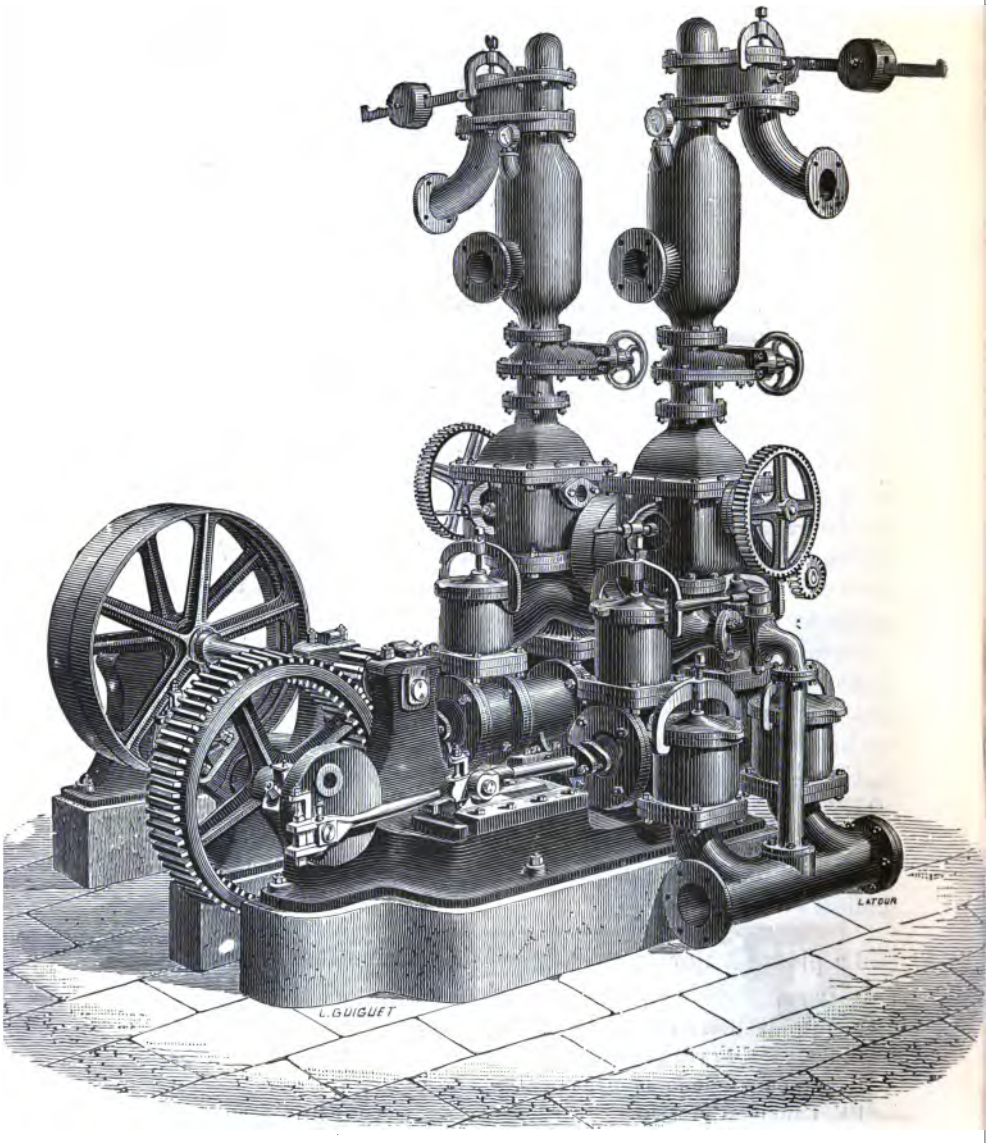


Fig. 35. — Pompe a pulpe jumelle

Digitized by Google

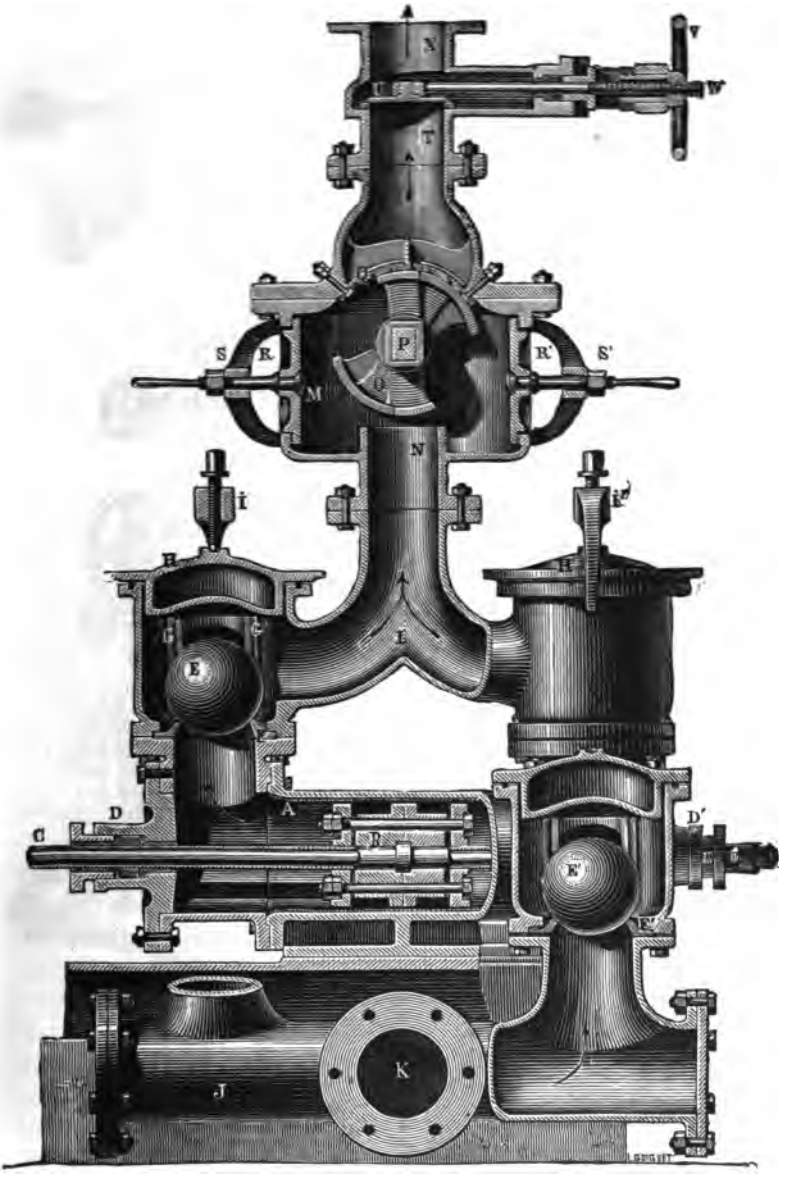


Fig. 36. —Pompe a pulpe, système Wauquier.

Digitized by Google

JC. Entrée du pressin aux cylindres.
LL. Racloirs. . .
MM. Cylindres de pression.
NN. Axe des cylindres.
OO. Surfaces filtrantes.
P. Volet de retenue des pulpes.
Q. Lame de fer pour le racloir L.
RR. Vis de réglage de la pression.
S. Guide pour la pulpe pressée.
T. Bifurcation des canaux EE.

Le fonctionnement de la presse est le suivant :

La pression étendu d'eau arrive sous une forte pression donnée par une pompe à pulpe (*fig.* 35,36 et 37 par le tuyau B dans la presse et passe par le régulateur C. La chambre de pression contient deux cylindres MM tournant en sens contraire et recouverts d'une enveloppe perforée en laiton de 2 millimètres d'épaisseur. Les trous sont en forme d'entonnoir, la partie la plus large étant à l'extérieur. Dans la partie interne les trous ont à peine 0 mm, 4, de largeur, La partie cylindrique des trous est de 2/3 de millimètre de longueur. Ce dispositif a pour but d'éviter que par l'usure de la tôle le diamètre des trous n'augmente. Dujardin divise chaque tôle perforée en quatre parties qui recouvrent complètement la surface du cylindre et qui peuvent, suivant le besoin, être rapidement démontées et remplacées.

La partie externe des chambres de pression EE ainsi que les parties fixes III et T divisent les chambres en deux parties, de façon que le pressin suive deux directions pour arriver aux rouleaux. Par suite de la pression élevée (6 à 7 kil.), le pressin est comprimé avec force contre les cylindres animés d'un mouvement de rotation. Le jus sort par les ouvertures de la tôle perforée, tandis que la pulpe quitte la presse en P et S sous l'aspect d'une bande mince. Les vis RR servent à régler la sortie et, par conséquent, la durée et l'énergie de la pression. La rotation des cylindres est très lente. A 7 tours par minute une presse Dujardin peut faire facilement 40 tonnes de betteraves par jour ; à 7 tours 1/2, 50 tonnes et à 8 et 8 tours 1/2 le débit est de 75 à 85 tonnes. La force nécessaire pour faire fonctionner la presse est de 4 chevaux. Ce système de presse s'ap-

Digitized by Google

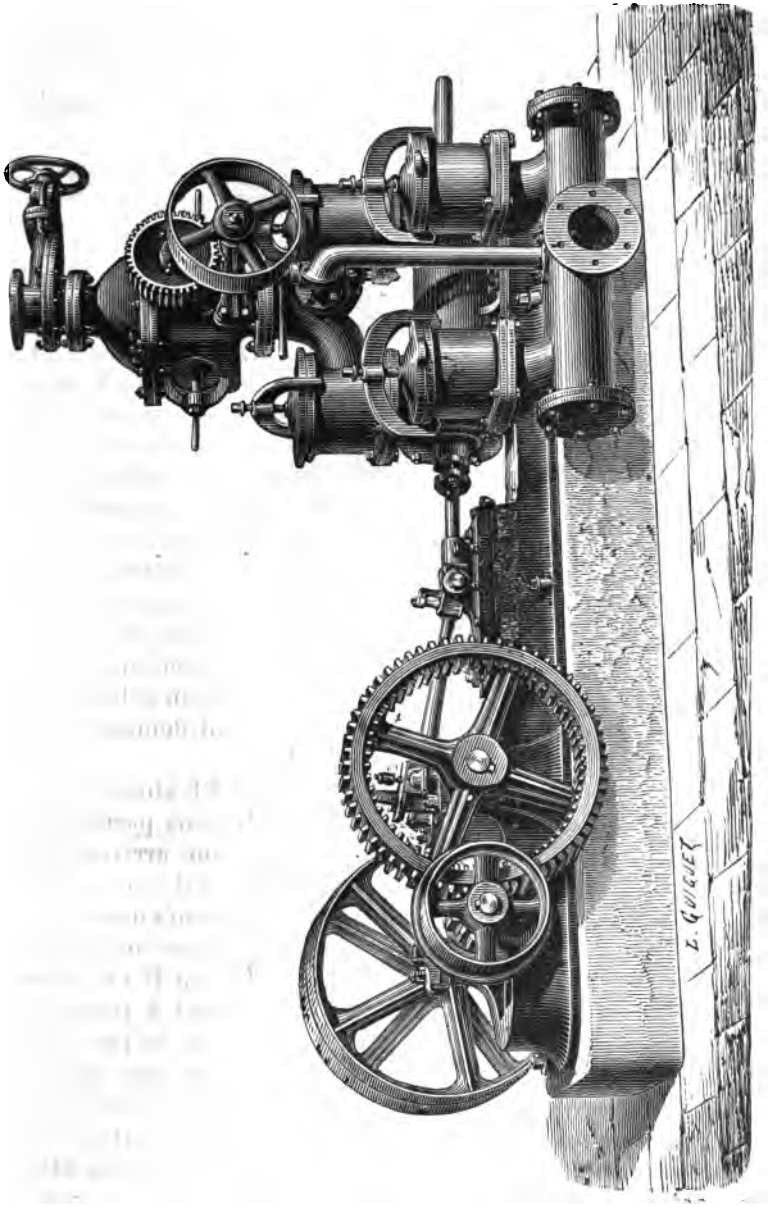


Fig. 37. — Pompe a pulpe, système Wauquier.

Digitized by Google

plique très bien et surtout aux distilleries industrielles dont le placement de la pulpe très sèche est assuré, surtout lorsque les distilleries de betteraves sont à proximité des grandes villes. Dans ce cas le prix de la pulpe peut atteindre quatre

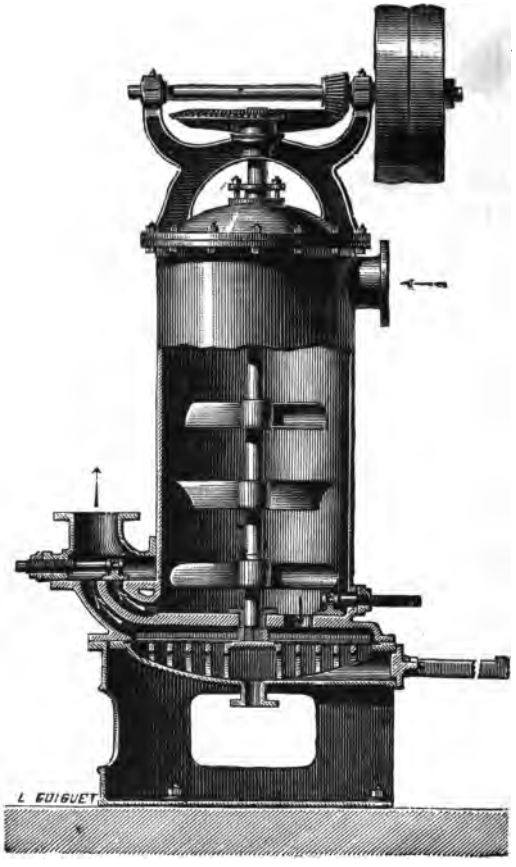


Fig. 38. — Macérateur Dujardin-Cuvelier (Construction E. Vaquier, Lille.)

fois celui de la pulpe de diffusion. L'extraction du jus par les presses continues présente l'avantage de fournir un jus assez concentré. D'après Briem, une même betterave donne par la

Digitized by Google

diffusion un jus à 6,33 0/0 du sucre ; par les presses le jus à 8,72 0/0, soit une augmentation de 2,6 de sucre. Mais par une seule pression l'extraction du jus n'est pas assez complète et la pulpe retient encore trop de sucre pour être évacuée, car sa richesse est de 6 0/0 environ. On lui fait donc subir une seconde pression après malaxage à l'eau à 42° pendant dix minutes au moins ou la vinasse. Ce second pressin est envoyé dans une seconde presse et le petit jus qui en sort est envoyé sur la râpe ou sert à diluer le premier pressin. Ce petit jus contient environ 2,5 0/0 de sucre.

La macération de la pulpe se fait dans un appareil spécial, la macérateur Dujardin-Cavelier représenté par la figure 190, dans lequel la surface filtrante est double et placée de côté. Le pressin refoulé par la pompe à pulpe représentée figure 189 pénètre par A dans le macérateur, mais d'abord dans un extracteur en forme de disque vertical.

Le disque se compose de deux parties ou coquilles sur lesquelles reposent les tôles filtrantes en laiton du genre de celles des presses Dujardin. Un disque en bronze à ailettes renouvelle constamment les surfaces filtrantes.

La pression de la pompe fait passer le jus au travers des trous du tamis et l'envoie au tamiseur, tandis que la pulpe va dans le grand cylindre vertical, où elle est additionnée d'eau chaude ou de petit jus. Ce cylindre vertical est muni d'un agitateur à ailettes destiné à mélanger intimement l'eau avec la pulpe ; ce mélange se rend ensuite aux presses de seconde ou même de troisième pression, comme on commence à l'appliquer depuis peu dans certaines usines.

A la sortie des presses continues le jus passe dans un épulpeur, dont les systèmes sont nombreux. Le plus récent est le système Lambert. Ces appareils retiennent la pulpe et l'empêchent d'aller dans les cuves de fermentation.

Les pulpes de presses continues Dujardin contiennent en première pression 6,50 0/0 de sucre et en deuxième 3,70 0/0 suivant la durée de la macération et de la pression. La quantité de pulpe pour 100 de betterave varie de 22 à 27 0/0 et l'humidité pour 25 0/8 est de 80 0/0 avec 3,70 0/0 de sucre.

Voici les résultats trouvés autrefois par Vivien pour les pulpes des presses Dujardin.

Digitized by Google

Sucre dans le jus initial de la betterave.....	10	»
Densité du — —	1,051	
	1re pression	2e pression
Eau.....	75,70	80,00
Sucre.....	6,75	2,52
Reste.....	16,55	17,48
	100,00	100,00
Densité du jus des presses.....	1,041	1,015
Perte en sucre p. 100 de betteraves.....	1,62	0,554

Sidersky a trouvé récemment de 1,60 p. 100 de sucre dans les pulpes de presses continues et 26 de pulpe p. 100 de betterave.

On obtient un épuisement encore meilleur de la pulpe en faisant une troisième pression, précédée d'une seconde macération. Le petit jus de troisième pression sert à la première macération et celui de la deuxième pression va à la râpe.

3. Macération.

La macération est le procédé d'extraction du jus le plus anciennement employé dans les distilleries agricoles. Il tend de plus en plus à être remplacé par la diffusion qui permet de diluer moins fortement les moûts et procure ainsi une économie de combustible importante.

Le procédé par macération a précédé dans les usines françaises le système des presses hydrauliques et de la diffusion.

On débite la betterave en cossettes minces. Ce dernier système est employé dans la plupart des distilleries agricoles françaises. D'ailleurs, le découpage par le coupe-racines nécessite une dépense de force moins considérable que le râpage, et les cossettes macérées sont moins aqueuses après l'opération que la pulpe et plus facilement utilisables pour l'alimentation du bétail. En outre, leur conservation est également plus facile. Ces avantages ont prévalu pour la macération des cossettes, qui est appliquée surtout dans les distilleries agricoles.

Champonnois a fait faire un grand pas en France à la distillerie de betterave par l'emploi de la vinasse comme liquide de macération.

Digitized by Google

La possibilité d'extraire par macération le jus des cossettes de betteraves est basée sur ce fait bien connu que les cossettes, lorsqu'on les baigne dans l'eau, abandonnent peu à peu le jus contenu dans les cellules sous l'influence de l'osmose, de l'endosmose et de l'exosmose. Au bout d'un certain temps tout le jus sucré a passé dans l'eau et celle-ci a remplacé l'eau dans la cellule. Lorsque l'équilibre est établi entre les deux liquides, la composition est devenue uniforme. Les cossettes se comportent de même dans une solution sucrée dont la teneur en sucre est plus faible que celle du jus de betteraves : il se produit un échange entre les deux liquides.

Un exemple montrera comment les choses se passent. Nous admettrons pour plus de simplicité que la betterave contient 100 p. 100 de jus au lieu de 95.

Soit, par exemple, 100 kilogrammes de cossettes dont le jus renferme 12 p. 100 de sucre. Si à 100 kilogrammes de betteraves on ajoute 100 litres d'eau et si on laisse l'eau pendant quelque temps en contact avec les cossettes, elle se transforme en une solution sucrée à 6 p. 100 de sucre, et le jus qui se trouve dans les cellules aura également une teneur de 6 p. 100 de sucre.

Si, maintenant, on enlève ces 100 kilogrammes de jus à 6 p. 100 de sucre et qu'on les ajoute à 100 kilogrammes de cossette nouvelle, le nouveau jus aura $\frac{6+12}{2} = 9$ p. 100 de sucre.

Si nous continuons l'opération, la troisième donnera :

$$\frac{9+12}{2} = 10{,}5 \text{ 0/0.}$$

La quatrième :

$$\frac{10{,}5+12}{2} = 11{,}25 \text{ 0/0.}$$

Cette dernière teneur en sucre se rapproche, comme on le voit, de la richesse initiale du jus de la betterave, et en remettant ce jus en contact avec de nouvelles betteraves on obtiendrait alors une teneur de 11,6 p. 100.

Revenons maintenant aux cossettes qui, après la première macération, contenaient 6 p. 100 de sucre.

Digitized by Google

Si nous y ajoutons 100 litres d'eau pure, leur richesse en sucre se réduira naturellement à 3 p. 100. Si l'on soutire ce nouveau jus et si on le remplace par de nouvelle eau, la betterave abandonnera encore à celle-ci la moitié du sucre qu'elle contient alors, soit 1,5 p. 100, et ainsi de suite. On arrive ainsi à épuiser les cossettes jusqu'à une teneur de 0,75 p. 100 de sucre.

Cet exemple suffit pour montrer que la macération doit être systématique et que le jus le plus concentré doit toujours être envoyé sur les cossettes fraîches, le jus moins concentré sur des cossettes déjà en partie épuisées, ou la vinasse chaude est mise sur la cossette la plus pauvre ou presque dessucrée.

Le jus assez riche est envoyé dans les cuves de fermentation, tandis que les cossettes sont employées immédiatement pour l'alimenfation du bétail ou conservées en silos.

A. *Coupe-racines.*

Le coupe-racines (*fig.* 39) comprend essentiellement un arbre vertical A actionné par la poulie M et portant un double batteur P tournant à une grande vitesse concentriquement à une cage en fonte B percée de 6 fenêtres rectangulaires dans lesquelles s'engagent à coulisses les boîtes à couteaux.

Ces boîtes sont en fonte d'acier, elles sont disposées pour recevoir des couteaux de diffusion taillés en faîtière ; on peut faire varier leur saillie de façon à produire telle grosseur de cossettes qu'on désire. Le montage des boîtes est combiné de façon que la partie tranchante des couteaux soit placée à l'intérieur de la cage B et à peu près tangentiellement à sa surface.

Cette cage est surmontée d'une cloche qui, à sa partie supérieure, sert de guide à l'arbre vertical et porte latéralement une trémie *b* pour l'arrivée des betteraves, et une ouverture opposée à couvercle, permettant de s'assurer rapidement, sans aucun démontage, de l'état des couteaux et d'enlever, s'il y a lieu, les corps étrangers.

Si l'on met le batteur en mouvement et si l'on alimente le coupe-racines, les betteraves saisies par le batteur seront traînées contre la surface interne de la cage d'autant plus énergi-

Digitized by Google

quement que la vitesse sera plus grande ; sous l'effet de cette pression, les betteraves seront découpées en cossettes et celles-ci, projetées par la force centrifuge, s'échapperont dans tous les sens, pour tomber en chute libre. En entourant le tambour d'un cône en tôle S on régularisera cette chute de cossettes sous forme d'une sorte de gerbe dans laquelle chaque brin est indépendant de son voisin. Il en résulte aucun froissement, aucune meurtrissure et, par suite, une cossette régulière se classant légèrement par couche superposée.

Si maintenant on transporte le coupe-racines au-dessus d'un macérateur, le chargement direct et rationnel se fera dans des conditions extrêmement favorables à l'épuisement, grâce à la légèreté et à la méthodicité de l'arrangement naturel des cossettes. Sous l'action du courant des vinasses chaudes, le tassement dans le macérateur sera considérablement réduit, et l'on obtiendra une circulation plus active exempte de passages directs, un dessucrage profond et finalement un moût dense et homogène.

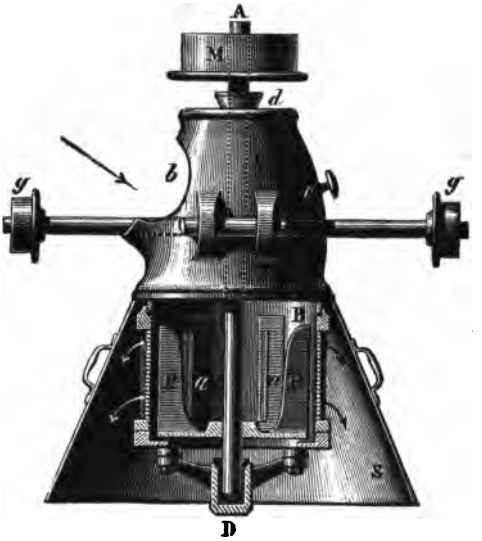


Fig. 39. — Coupe-racines, système David.

B. — *Batterie de macération.*

L'installation comporte deux cas, suivant que les macérateurs sont disposés en cercle ou en ligne droite.

1° ***Installation de macérateurs en cercle.*** — On établit au-des-

Digitized by Google

sus et concentriquement aux macérateurs une voie en fer à I portée sur des chevalets en bois. Sur cette voie on pose le coupe-racines, qui en s'inscrivant dans la courbe grâce à une légère convergence des axes des roues porteuses *g*, peut se

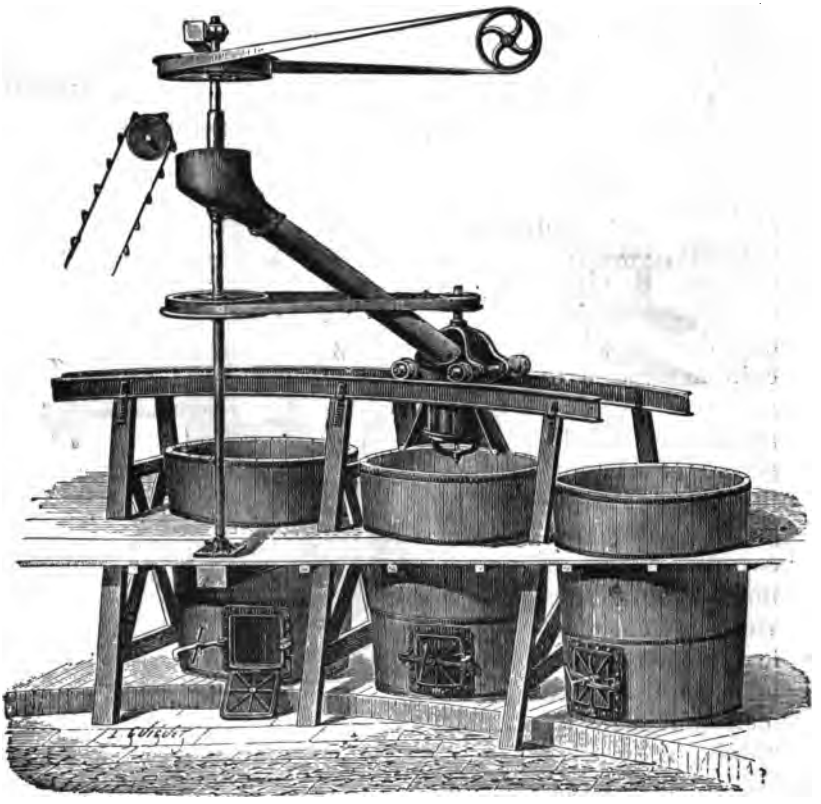


Fig. 40. — Macérateurs en cercle, avec coupe-racines centrifuge roulant système Stéphen David

mouvoir facilement et se fixer par une vis calante au-dessus du cuvier à charger (*fig.* 40).

Les betteraves sont amenées par un élévateur dans une trémie de distribution placée au centre de la batterie et reliée au coupe-racines par une gouttière tournante pouvant en suivre tous les mouvements.

Digitized by Google

On modifie quelquefois cette disposition en ne mettant qu'un seul fer à l à la voie, le coupe-racines roule alors sur deux roues et est maintenu en place par une flèche en fer reliée par un collier à coussinet à l'arbre central.

2° *Installation des macérateurs en ligne.* — La voie de roule-

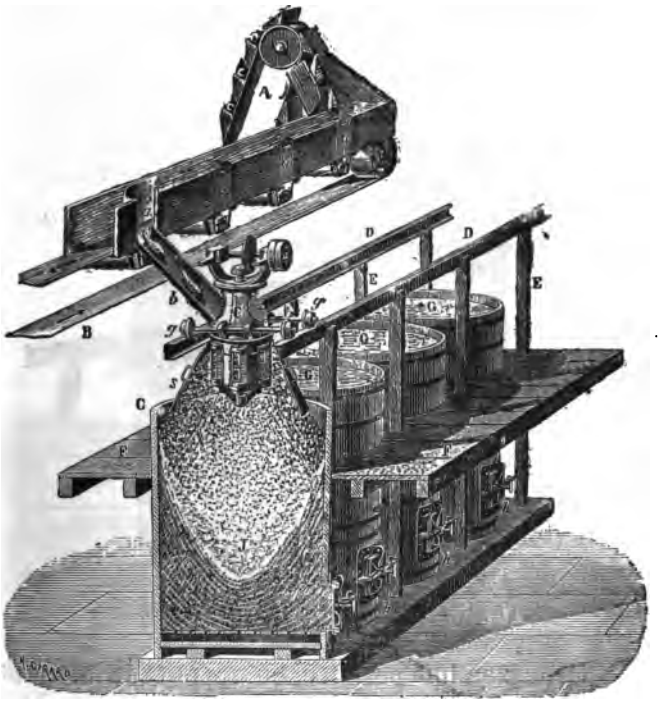


Fig. 41. — Macérateurs en ligne, avec coupe-racines centrifuge roulant système Stéphen David.

ment D est en ligne droite comme la batterie elle-même, et les roues porteuses sont montées sur des axes parallèles *g* (*fig.* 41).

Les betteraves sont distribuées par un transporteur horizontal B formé d'une courroie montée sur galets et glissant dans une gouttière en bois munie de portes latérales *a* s'ouvrant et se fermant en regard de chaque station du coupe-racines. Le transporteur est alimenté par un élévateur d'un type quelconque A.

Digitized by Google

Les cossettes tombent dans des cuves en bois ouvertes ou macérateurs, où elles sont épuisées. L'eau chaude ou la vinasse entre dans le premier macérateur et s'enrichit au contact des cossettes, s'écoule dans le fond de la cuve, puis passe dans le second macérateur et ainsi de suite jusqu'à ce que le jus ait parcouru toute la batterie.

Les *macérateurs* sont des cuves en bois ouvertes et élevées, cerclées de fer.

Les vases G, G, G (*fig.* 39) sont au nombre de trois ou quatre dans les petites distilleries et de cinq à sept dans les usines plus grandes ; ils sont partagés à 10-15 centimètres du fond en deux parties par un faux-fond mobile également formé

Fig. 42. — Macérateur en bois, système Egrot.

de deux parties, en tôle perforée, qui repose sur une croix en fer. La tôle perforée retient les cossettes, mais laisse passer le jus.

Lorsque chaque macérateur est rempli, on y pose un couvercle mobile et perforé qui empêche la cossette de surnager et qui repose sur deux coins disposés à l'intérieur du macérateur, au-dessous du bord.

Ce couvercle sert en même temps à répartir la vinasse. Celle-ci arrive chaude par les tuyaux et peut être distribuée à chaque macérateur par des robinets. Les vases G, G, G, après leur remplissage avec les cossettes, sont traités d'abord par l'eau chaude, puis plus tard par la vinasse chaude, lorsque

Digitized by Google

l'usine est en marche. L'eau monte dans le macérateur G et, lorsqu'il est plein, elle déborde par le double fond, dans un tuyau et par un robinet à trois eaux se rend sur la partie supérieure du macérateur suivant.

Le jus déjà sucré imbibe les cossettes, les traverse et vient dans le second double fond, puis remplit enfin le second macérateur et s'écoule dans le troisième par le même mécanisme que dans le premier.

Lorsque les cossettes de G sont épuisées, on vide ce macérateur, après avoir fermé l'alimentation, par conséquent on isole ce macérateur du suivant, puis on ouvre la vidange et l'eau s'écoule au dehors. Cette eau est encore un peu sucrée. On la recueille pour l'employer plus tard dans une nouvelle opération. Le fond *h* est retiré et les cossettes sont vidées par le trou d'homme.

Lorsque le vase est vide, on referme le trou d'homme et on recharge le macérateur qui devient alors le premier sur lequel on fait arriver le jus riche. Aussitôt après, ce jus est envoyé par une conduite spéciale au bac collecteur et de là à la fermentation.

Pendant qu'on vide G, la vinasse chaude est envoyée dans le macérateur suivant.

Le dernier jus qui s'est écoulé est repris par une pompe, chauffé, puis utilisé pour l'épuisement, en mélange avec de la vinasse.

Le jus concentré indiquant 6 à 8° Bg. est ensuite envoyé à la fermentation.

Dans quelques usines, on installe dans le double fond, une admission de vapeur par injection ou par serpentin qui réchauffe le jus. En outre, la vinasse doit toujours être très chaude, afin que l'épuisement se fasse mieux et que le jus arrive à la fermentation à 18-25 .

Macérateurs Barbier.— Les systèmes de macération sont nombreux et nous devons nous étendre un peu plus longuement sur ce sujet, vu son importance au point de vue de la distillerie agricole en France.

Les figures 43 et 44 représentent, en élévation et en plan, le système de macération-diffusion de P. Barbier. Ces macé-

Digitized by Google

rateurs sont d'assez grande dimension et peuvent contenir 1.200 à 1.500 kilogrammes de cossettes, soit 25 à 30 hectolitres. On les dispose en ligne ou en cercle. Les macérateurs sont en

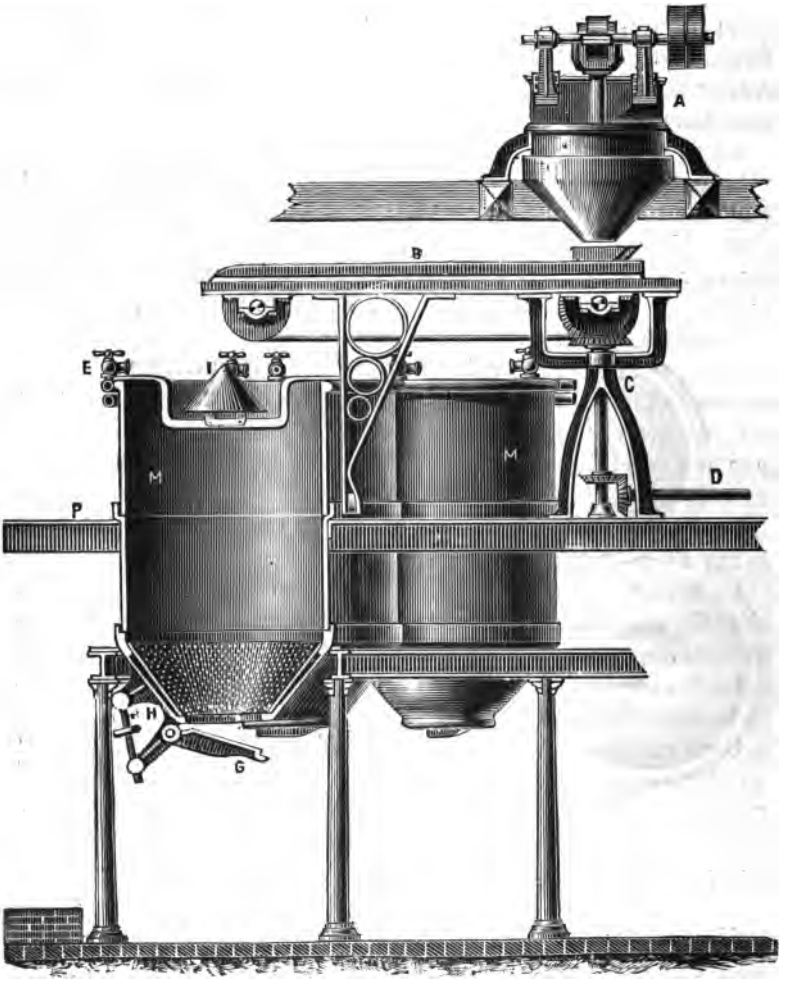


Fig. 43. — Macérateurs Barbier.

fonte ou en bois avec porte G inférieure et joint en caoutchouc. Cette porte se manœuvre par le volant H. Le fond porte une tôle perforée pour la circulation du jus.

Digitized by Google

Le coupe-racines A alimente les macérateurs par l'intermédiaire du transporteur B. Ce transporteur peut être remplacé par une trémie inclinée. Un cône fixe I distribue également la cossette dans les macérateurs. E et F sont les tuyauteries de jus et d'eau ou de vinasse. L'eau acidulée se distribue dans chaque macérateur d'une façon uniforme. La vinasse est ajoutée au premier macérateur, et passe ensuite successivement sur les autres.

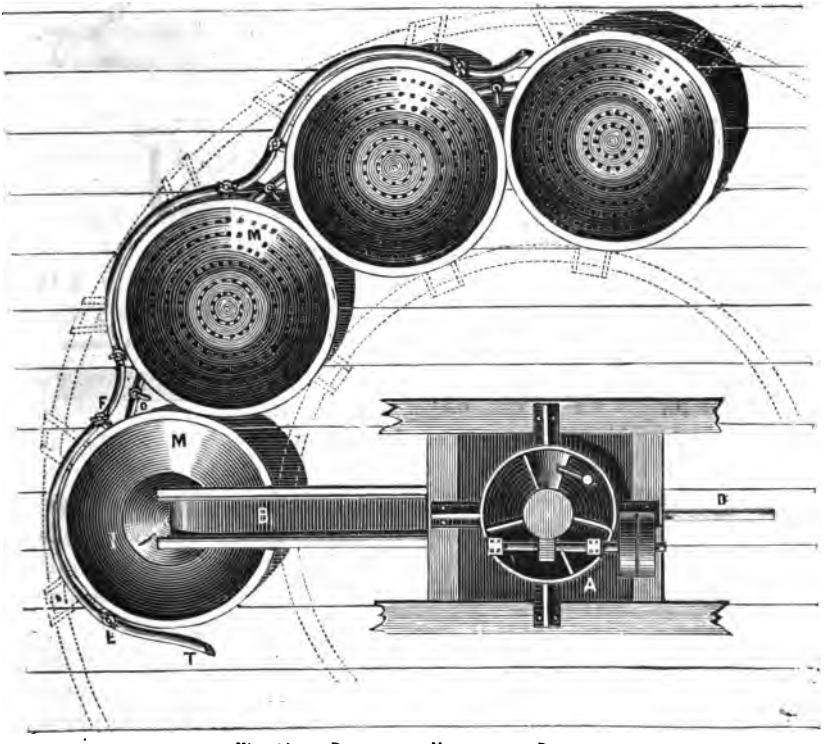


Fig. 44. — Batterie de Macérateurs Barbier.

M. Barbier a publié récemment des résultats d'essais sur la macération à la vinasse. Une betterave à 1.060 de densité donne une extraction de 155 à 160 litres de jus par 100 kilogrammes de betteraves. La perte en sucre totale est de 0,44 à 0,52, soit dans les cossettes 0.27 à 0,32 et dans les petites eaux, 0,17 à 0,20.

Digitized by Google

La vinasse ne s'emploie pas dans l'état où elle se trouve à la sortie de la colonne à distiller, mais on est obligé d'y ajouter un tiers d'eau.

La vinasse favorise mieux la fermentation que l'eau ajoutée au jus de betterave pendant la diffusion.

Après la distillation, les 155 litres de soutirage du jus se réduisent à 145 litres de vinasse dont on élimine un tiers, soit 48 litres 33 à 100° de température. C'est donc une perte de 4.833 calories; mais, comme ils sont remplacés par de l'eau à 15°, la perte est seulement de 4.833 — 785 = 4.048 calories, ou simplement 0 kg. 9 de charbon par 100 kilogrammes de betteraves.

La perte de combustible pour les petites eaux se chiffre, d'après M. Barbier, à 1 kg. 555 soit au total 2 kg. 455 de charbon par 100 kilogr. de betteraves. Cet auteur, en examinant la macération à l'eau, trouve une consommation de charbon égale à 3 kg. 278. Il y aurait donc un avantage de 0 kg. 823 de charbon en faveur de la macération ou de la diffusion à la vinasse par rapport à la macération ou à la diffusion à l'eau, la perte en sucre restant la même.

Il nous semble que les bases adoptées par Barbier sont un peu exagérées en ce qui concerne le soutirage du jus; cette quantité considérable de 155 à 160 litres peut être facilement réduite par l'augmentation du nombre de vases. La fermentation n'en souffrira pas, surtout par l'emploi de la vinasse où la levure trouve les éléments, nécessaires à son développement. D'ailleurs, les grandes distilleries qui se transforment et adoptent la diffusion travaillent à densité plus élevée que 1.035 à 1.038 qui sont les nombres adoptés par M. Barbier.

Lorsque la diffusion s'opère convenablement, le jus recueilli dans le bac collecteur indique 10 à 12° Balling (D 1,049). Il est évident que la marche de la diffusion varie avec la température, l'épaisseur des cossettes, etc.; on la considère comme achevée lorsque la teneur en sucre des cossettes est tombée à moins de 0,5 0/0.

Il serait gênant pour la marche du travail si l'on était obligé de vider les diffuseurs à la fin de la journée, lorsqu'on ne travaille pas la nuit; cette mesure donnerait d'ailleurs lieu à une perte de sucre. C'est pourquoi, après avoir soutiré les derniers

Digitized by Google

jus d'un diffuseur et vidé les cossettes, on laisse les autres diffuseurs chargés jusqu'au lendemain. L'acidification empêche toute altération des cossettes. Le lendemain, on porte le contenu des diffuseurs à la température voulue, on charge de cossettes fraîches le diffuseur vidé en dernier lieu la veille et on fait passer dans celui-ci le jus du diffuseur précédent, en faisant couler de l'eau chaude dans le diffuseur qui se trouve être alors en tête du roulement de la batterie. Au bout de trois quarts d'heure environ, on soutire le premier jus pour l'envoyer à la fermentation. La diffusion est dès lors de nouveau en marche normale.

Epuisement des cossettes. — Sidersky a analysé les cossettes de macération des distilleries faisant partie du syndicat agricole de la distillerie ; il a trouvé que la richesse moyenne en sucre de la cossette était de 0,50 0/0. On rencontre cependant des épuisements plus élevés, jusqu'à 0,92. La cause en est attribuée à l'irrégularité de la cossette et à la quantité de jus soutirée. Le nombre des macérateurs étant toujours faible, on ne doit pas descendre au-dessous de 150 litres de jus 0/0 kg. de betteraves. En général, on tire 160 à 180 litres, quelquefois même 200 litres. Ces chiffres se rapportent à un grand nombre d'usines. D'après Sidersky la température de la vinasse exerce une influence considérable sur l'épuisement des cossettes. La vinasse arrivant à 90-92° cuit la betterave, la circulation devient difficile surtout avec la cossette fine. Il est plus avantageux de prendre une cossette plus grosse, car la circulation se fait mieux et l'épuisement est meilleur, ou de faire passer la vinasse dans un récupérateur pour que sa température à l'arrivée dans la batterie soit de 85° C.

Les cossettes de diffusion et la vinasse examinées par Sidersky avaient 0,20 à 0,40 de sucre, tandis que l'eau rejetée avait 0,20. Le volume de cette eau est de 80 à 90 litres par 100 kg. de betteraves.

Le même chimiste a recherché quelle quantité de sucre était transformée en glucose pendant la diffusion ou la macération à la vinasse. Il a trouvé que cette quantité était de 8 à 10 0/0 du sucre pour la macération et 10-12 0/0 pour la diffusion.

Un jus de macération à 1,03 de densité contient 0,50-0,60 de glucose et 5,40-5,50 de sucre cristallisable.

Digitized by Google

La proportion de glucose est fonction de la quantité d'acide, de la diminution de la densité et de la lenteur du coulage. Afin d'augmenter cette proportion de glucose, Sidersky recommande de partager l'acide en deux portions, d'en mettre une dans la vinasse et l'autre sur le diffuseur de tête, qui vient de recevoir les cossettes fraîches. On peut aussi mettre l'acide dans le diffuseur qui reçoit le jus faible.

Voici comment Sidersky calcule la quantité d'acide à ajouter à la macération ou à la diffusion.

Mettre 1 litre d'acide sulfurique à 66° par mètre cube de jus soutiré, soit environ 1 gr. 84 par litre. Le volume du jus soutiré est établi d'après le volume des cuves distillées en 24 heures.

Soit une usine faisant 24 macérateurs de 1.800 kg par jour et distillant 6 cuves de 120 hectol. = 720 hectol. = 30 hectolitres par macérateur. La quantité d'acide sera de 3 litres. Les 30 hectolitres proviennent de jus et de vinasse. La betterave à 1,05-1,06 renferme 90 litres de jus = 95 kg. pour 100 kg. et 1800 kg renfermeront 1.620 litres. Il reste donc 1.380 litres provenant de la vinasse. Les 30 hectos fourniront après distillation autant de vinasse. Il faut en déduire le volume restant dans la pulpe = 600 litres pour 1.000 kg. ou 1.080 litres par macérateur de 1.800 kg. Il reste alors 1.920 litres dont on n'utilise que 1.380 litres ou 540 litres qui sont rejetés. Les 1.380 litres de vinasse avec la dilution correspondent à 1.000 litres de jus de coulage et ils apporteront aux macérateurs 1/3 de l'acidité, les 2/3 devant être complétés par l'addition d'acide sulfurique.

Aubin a dernièrement fait des études très complètes sur les pulpes de distilleries, qu'il a présentées au Congrès international d'agriculture de 1900.

Digitized by Google

Nous les résumons dans le tableau suivant :

	Pulpes fraîches			Pulpes ensilées	
	Presses	Macération à l'eau chaude	Macération à la vinasse	de diffusion	de macération
Matières organiques	14.51	6.34	6.54	9.76	8.61
— minérales	0.81	0.55	0.84	1.39	1.27
— fixe	15.32	6.89	7.38	11.12	9 89
Humidité	84.68	93.11	92.62	88.88	90.11
Protéine brute	1.71	0.21	0.77	1.09	1.43
Matières grasses	0.22	—	—	—	—
Sucres	8.95	1.72	1.34	—	—
Hydrates de carbone	—	2 93	2.99	8.59	7.06
Cellulose brute	3.63	1.48	1.44	—	—
Acidité (en acide acétique)	—	—	—	1.20	0.70
Matières azotées 0/0 de matières sèches	11.20	3.04	10.43	14 43	14.48

Digitized by Google

CHAPITRE III

ALCOOMÉTRIE

1. — Propriétés de l'alcool.

L'alcool pur ou absolu est un liquide incolore, très mobile et très inflammable, d'une odeur vive, agréable et d'une saveur brûlante.

Sa densité est :

0,80667	à.....	0°	centigrade.
0,79425	à.....	15	—
0,7946	à.....	15,5	—
0,79007	à.....	20	—

A une température très basse on peut congeler l'alcool : Wroblewsky et Olszewski ont réussi à obtenir l'alcool sous forme solide en le refroidissant par la vaporisation de l'éthylène dans le vide.

A — 129° (température mesurée au thermomètre à hydrogène), l'alcool prend une consistance huileuse, et à — 130°5 c'est un corps solide blanc.

Raoul Pictet, par ses procédés de production de très basses températures, a congelé très facilement l'alcool dans son *puits de froid.*

L'alcool bout à 78°4 C., sous la pression barométrique de 760 millimètres. Il est très inflammable et brûle à l'air avec une flamme peu éclairante et chaude en formant de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique. La chaleur spécifique de l'alcool est de 0,615, c'est-à-dire que pour élever sa température d'une certaine quantité il n'exige que les $\frac{615}{1000}$ de la chaleur nécessaire pour élever de la même température une égale quantité d'eau. On nomme calorie la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° centigrade la température d'un kilogramme

Digitized by Google

d'eau : c'est l'unité de chaleur. Par conséquent, pour élever de 0 à 100° un kilogramme d'eau, il faut 100 calories, tandis que pour transformer en vapeur un kilogramme d'eau à 100° il faut encore 536 calories qui, étant invisibles au thermomètre, constituent ce qu'on appelle la chaleur *latente* de vaporisation. Il faut donc, pour transformer l'eau à 100° C en vapeur de même température, 5,36 fois plus de chaleur que pour amener sa température de 0 à 100°.

L'alcool ne peut être chauffé à plus de 78° sans bouillir (nombre que nous adopterons de préférence au nombre exact, pour abréger), et un kilogramme d'alcool exige, pour être amené à son point d'ébullition, $78 \times 0{,}615 = 47{,}97$ calories. La chaleur latente nécessaire pour transformer ensuite cet alcool en vapeur est $\frac{1}{2{,}55}$ de celle de l'eau, soit 208,9 calories.

En résumé, pour transformer un kilogramme d'eau de 0° en vapeur à 100° il faut 636 calories, et pour transformer un kilogramme d'alcool de 0° en vapeur à 78°, il faut 257 calories.

En contact avec certains corps poreux, tels que la mousse de platine, l'alcool s'oxyde lentement et se transforme en aldéhyde et en *acide acétique*. De même, sous l'influence de certains ferments ou champignons microscopiques, les liquides renfermant de l'alcool étendu s'oxydent également à l'air et se transforment en vinaigre ; tels sont le vin, la bière.

Au rouge et dans le vide, l'alcool se décompe en acide carbonique, hydrogène, carbone et carbures d'hydrogène.

L'alcool en brûlant avec un excès d'air donne de l'eau et de l'acide carbonique. Il dégage ainsi 6.855 calories tandis que le carbone seul dégage 7.170 calories et l'hydrogène 34.742.

Avec l'acide sulfurique l'alcool forme un acide (l'acide éthylsulfurique) qui à 130° laisse dégager de l'éther ordinaire.

Comme nous l'avons vu plus haut, le mélange de l'alcool avec de l'eau donne lieu à une contraction ; celle-ci est maximum pour 54 parties d'alcool et 49,72 d'eau : le mélange final ne forme pas 103,72, mais bien 100 volumes. La contraction est donc de 3,72 volumes.

Plus la proportion d'eau est grande, plus la contraction est faible. Si l'on mélange de l'eau et de l'alcool ayant déjà été additionné d'eau, il ne se produit pas de contraction finale.

Digitized by Google

La table suivante de Brix montre la contraction pour diverses proportions des mélanges, ainsi que leurs densités.

Table de Brix donnant la contraction des mélanges d'eau et d'alcool.

(Température 15°,5 C).

DENSITÉS	100 VOLUMES renferment		CONTRACTION	DENSITÉS	100 VOLUMES renferment		CONTRACTION
	Alcool	Eau			Alcool	Eau	
1.0000	0	100.000	0.000	0.9323	51	52.705	3.705
0.9985	1	99.055	055	9303	52	51.711	711
9970	2	98.111	111	9283	53	50.716	716
9956	3	97.176	176	9263	54	49.722	722
9942	4	96.242	242	9242	55	48.717	717
9928	5	95.307	307	9221	56	47.712	712
9915	6	94.382	382	9200	57	46.708	708
9902	7	93.458	458	9178	58	45.693	693
9890	8	92.543	543	9156	59	44.678	678
9878	9	91.629	629	9134	60	43.664	664
9866	10	90.714	714	9112	61	42.649	649
9854	11	89.799	799	9090	62	41.635	635
9843	12	88.895	895	9067	63	40.610	610
9832	13	87.990	990	9044	64	39.586	586
9821	14	87.086	1.086	9021	65	38.561	561
9811	15	86.191	191	8997	66	37.526	526
9800	16	85.286	286	8973	67	36.492	492
9790	17	84.392	392	8949	68	35.457	457
9780	18	83.497	497	8925	69	34.423	423
9770	19	82.603	603	8900	70	33.378	378
9760	20	81.708	708	8875	71	32.333	333
9750	21	80.813	813	8850	72	31.289	289
9740	22	79.919	919	8825	73	30.244	244
9729	23	79.014	2.014	8799	74	29.190	190
9719	24	78.119	119	8773	75	28.135	135
9709	25	77.225	225	8747	76	27.080	080
9698	26	76.320	320	8720	77	26.016	016
9688	27	75.426	426	8693	78	24.951	2.951
9677	28	74.321	521	8665	79	23.877	877
9666	29	73.817	617	8639	80	22.822	822
9655	30	72.712	712	8611	81	21.747	747
9643	31	71.797	797	8583	82	20.673	673
9631	32	70.883	883	8555	83	19.598	598
9618	33	69.958	958	8526	84	18.514	514
9605	34	69.034	3.034	8496	85	17.419	419
9592	35	68.109	109	8466	86	16.324	324
9579	36	67.184	184	8436	87	15.230	230
9565	37	66.250	250	8405	88	14.125	125
9550	38	65.305	305	8373	89	13.011	011
9535	39	64.361	361	8339	90	11.876	1.876
9519	40	63.406	406	8306	91	10.751	751
9503	41	62.451	451	8272	92	9.617	617
9487	42	61.497	497	8237	93	8.472	472
9470	43	60.532	532	8201	94	7.318	318
9452	44	59.558	558	8164	95	6.153	153
9435	45	58.593	593	8125	96	4.968	0.968
9417	46	57.618	618	8084	97	3.764	764
9399	47	56.644	644	8041	98	2.539	539
9381	48	55.669	669	7995	99	1.285	285
9362	49	54.685	685	7946	100	0.000	000
9343	50	53.700	700				

Digitized by Google

Le mélange d'alcool pur et d'eau donne lieu à un dégagement de chaleur ; mais si, au contraire, on prend de la neige ou de la glace au lieu d'eau, on obtient du froid et la température s'abaisse par suite du passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide. Par exemple, une partie de neige et deux parties d'alcool à 0° produisent un refroidissement de — 21 degrés.

Le *point d'ébullition* des mélanges d'alcool et d'eau est situé entre les points d'ébullition extrêmes des deux composants (78°,4 et 100°) et se rapproche de l'un ou de l'autre suivant que l'alcool ou l'eau domine dans le mélange. Les vapeurs engendrées par l'ébullition des mélanges d'alcool et d'eau n'ont pas la même composition que le liquide bouillant et renferment une proportion plus forte d'alcool. Il en résulte que la richesse alcoolique du liquide bouillant ne reste pas constante, mais diminue, puisque un alcool plus riche s'en évapore, de telle sorte que finalement, on obtient une vaporisation complète de l'alcool contenu dans le liquide accompagné d'une partie de l'eau, et comme résidu il reste de l'eau pure.

Ainsi, par exemple, un mélange de 1 partie d'alcool avec 14 parties d'eau, c'est-à-dire à 6,7 0/0 d'alcool, donne au commencement du chauffage des vapeurs à 60 0/0 d'alcool. Lorsque 1/50 du liquide a distillé, la vapeur renferme encore 54 0/0 d'alcool ; si le liquide distillé est de 2/50, la richesse alcoolique de la vapeur est encore de 48 0/0, etc.

Le contraire se produit pour des liquides très riches en alcool, c'est-à-dire pour ceux qui ne renferment que 2 à 3 0/0 d'eau. Ceux-ci donnent au début des vapeurs alcooliques plus pauvres et au bout d'un certain temps, c'est de l'alcool pur qui passe.

Les liquides alcooliques provenant de la *fermentation* des solutions sucrées sont, comme on le verra plus loin, peu riches en alcool. Pour en obtenir des mélanges plus riches en alcool, on utilise les propriétés que nous venons d'indiquer des mélanges d'alcool et d'eau et on obtient par la distillation de l'alcool de force différente. Par distillations répétées (rectification), on obtient enfin un liquide ayant 97 à 98 0/0 d'alcool pur.

Il n'est pas possible d'obtenir par la distillation simple une

Digitized by Google

séparation complète de l'alcool et de l'eau, car les points d'ébullition des deux liquides ne diffèrent que de 20 degrés.

2. — Principes de l'alcoométrie

1° *Thermomètre.* — Dans l'alcoométrie, comme dans la fabrication de l'alcool en général, l'observation de la température est de la plus haute importance. Pour prendre la température on se sert de thermomètres, qui sont gradués de différentes manières suivant les pays. En France on se sert du thermomètre centigrade.

Crafts et Pernet ont publié des observations sur la modification que subissent les thermomètres et autres instruments de précision en verre, lorsqu'ils sont exposés pendant un certain temps à l'action des hautes températures.

2° *Alcoomètre.* — Nous avons énuméré plus haut les propriétés physiques et chimiques de l'alcool ; il nous reste à montrer ici le parti qu'on en tire pour mesurer le degré des liquides alcooliques.

Actuellement, on se base généralement sur la densité de l'alcool pour déterminer sa teneur en alcool. La densité constitue une base exacte, parce que les liquides alcooliques obtenus par distillation ne contiennent, en dehors de l'eau et de l'alcool, aucun autre corps en quantité suffisante pour exercer une influence sensible sur la densité ; celle-ci ne dépend donc réellement que de la proportion d'alcool et d'eau.

L'alcool ayant une densité de 0,79425 à la température de 15° C et l'eau une densité de 0,99916 à la même température, les mélanges d'alcool et d'eau ont une densité intermédiaire entre ces deux extrêmes se rapprochant d'autant plus de la première que les mélanges sont plus riches en alcool. Cependant, cette densité ne sera pas la densité intermédiaire obtenue par calcul ; car, nous l'avons fait remarquer, il se produit dans le liquide une contraction quand on opère le mélange, et par suite la densité ne correspond pas exactement à la moyeune proportionnelle.

La teneur en alcool des mélanges d'eau et d'alcool peut être exprimée de deux manières. On peut spécifier notamment la

Digitized by Google

quantité pondérale d'alcool contenue dans 100 parties pondérales du mélange ; ou encore, on peut indiquer la quantité volumétrique d'alcool contenue dans 100 parties volumétriques du mélange. Dans le premier cas on obtient la quantité d'alcool pur *en poids*, dans le second on l'obtient *en volumes*.

Si le poids d'un volume d'alcool était le même que celui d'un volume égal d'eau ; en d'autres termes, si les densités de l'alcool et de l'eau étaient égales, et s'il ne se produisait pas de contraction par l'effet du mélange, les richesses pondérales de l'alcool seraient égales aux richesses volumétriques ; mais comme les densités des deux liquides diffèrent, que par suite l'unité de mesure n'est pas égale à l'unité de poids, et que le liquide se contracte lors de la confection du mélange, les quantités volumétriques diffèrent des quantités pondérales.

Un exemple fera mieux ressortir ce fait. Mélangeons 100 litres d'alcool absolu avec 100 litres d'eau ; par suite de la contraction du mélange, nous obtiendrons non 200 litres, mais seulement 192 lit. 75. Ce total contient naturellement 100 litres d'alcool absolu qu'on retrouverait par distillation ; et les 100 litres d'alcool ne représenteront pas 50 0/0 du mélange, mais $\frac{100}{192,75}$ = 0.518, c'est-à-dire 51,8 0/0 en volume initial d'alcool. Le poids des 100 litres d'eau est de 100 kilogrammes, celui de 100 litres d'alcool est de 79 kilog. 46 ; le poids total du mélange, ne changeant pas, sera donc de 179 kilog. 46. Comme cette quantité contient 79 kilog. 46 d'alcool pur, 100 kilogrammes du mélange contiennent 44 kilog. 2 d'alcool, c'est-à-dire que le mélange titre 44.2 0/0 en poids. On voit par là que 51,8 0/0 en volumes correspondent à 44,2 0/0 en poids, et comment on peut calculer d'avance la richesse pondérale d'un mélange d'eau et d'alcool, mais non la richesse volumétrique.

Des essais directs faits sur des mélanges d'eau et d'alcool en toutes proportions ont permis de déterminer les densités de ces mélanges et de les consigner dans des tables. Les savants qui se sont occupés de cette question ont suivi différentes méthodes se contrôlant l'une par l'autre : les uns ont procédé par pesage de l'alcool dont ils remplissaient un récipient jusqu'à une marque déterminée ; les autres ont employé la méthode hydrostatique, qui consiste à mesurer la perte de

Digitized by Google

poids que subit un corps plongé dans l'eau. Ces sortes d'éssais présentent toujours de grandes difficultés : d'un côté, manque du signe caractéristique qui indique que l'alcool employé pour les mélanges est bien de l'alcool éthylique, absolument exempt d'eau et d'autres matières volatiles ; d'un autre côté, il faut tenir compte de ce fait que l'alcool, par suite de sa grande affinité pour l'eau, attire à lui l'humidité de l'air ou s'évapore des solutions ; en un mot, les expériences sur ce sujet sont entourées de difficultés de toutes sortes qui rendent difficile une détermination rigoureusement exacte de la densité.

En France, l'alcoométrie est basée sur les expériences et les tables de Gay-Lussac, dont les résultats ont été contrôlés et confirmés par une commission de l'Académie des sciences. Les indications de Gay-Lussac concordent parfaitement avec celles antérieures de Gilpin ; l'alcool normal de ce dernier est, d'après Gay-Lussac, de l'alcool à 89,14 0/0.

Alcoométrie volumétrique et alcoométrie pondérale. — La proportion d'un mélange alcoolique est indiquée de deux manières, ainsi qu'il a été dit plus haut. Ou bien on indique combien de parties en poids pour 100 d'eau et d'alcool sont contenues dans un liquide, ou bien on exprime ces quantités en volumes pour 100. La première méthode ne peut donner lieu à aucune confusion ; mais il n'en est pas de même de la seconde qui exige l'observation d'autres prescriptions ; il faut notamment indiquer la température normale à laquelle il faut mesurer le volume de l'alcool et le volume d'alcool pur qu'on peut en retirer.

Alcoomètre de Gay-Lussac. — L'alcoomètre employé en France est celui de Gay-Lussac. Les deux points extrêmes de cet instrument, 0 et 100, indiquent le premier l'eau pure, le second l'alcool absolu ; les degrés intermédiaires indiquent le volume d'alcool, autrement dit le nombre de centimètres cubes d'alcool absolu que renferme 100 cm^3 du liquide essayé. L'instrument étant gradué à 15° C, ses indications ne sont justes qu'autant que le liquide mis en expérience est à cette température. S'il en est autrement, la table de correction, que nous donnons ci-après, permet de ramener au degré réel le degré lu sur l'alcoomètre plongé dans une solution alcoolique d'une

Digitized by Google

température différente. Cette table porte aussi le nom de *Table de la régie ou des richesses.*

Table de comparaison des indications du nouvel alcoomètre légal et de l'ancien alcoomètre de Gay-Lussac d'après le bureau national des poids et mesures.

Legal	G. L.	Legal	G. L.	Legal	G. L.	Legal	G. L.
0	0	26	26.18	51	51.25	76	76.11
1	1.04	27	27.23	52	52.24	77	77.1
2	2.03	28	28.20	53	53.26	78	78.09
3	3.06	29	29 19	54	54.29	79	79.1
4	4.05	30	30.22	55	55.29	80	80.12
5	5.10	31	31.19	56	56.29	81	81.12
6	6.11	32	32.19	57	57.30	82	82 13
7	7.11	33	33.22	58	58.31	83	83.11
8	8.15	34	34.20	59	59.28	84	84.12
9	9.08	35	35.13	60	60.27	85	85.14
10	10.15	36	36.18	61	61.27	86	86.14
11	11.15	37	37.18	62	62.24	87	87.16
12	12.14	38	38.21	63	63.23	88	88.16
13	13.15	39	39.20	64	64.20	89	89.15
14	14.13	40	40.22	65	65.20	90	90.14
15	15.19	41	41.21	66	66.21	91	91.12
16	16.24	42	42.23	67	67.19	92	92.11
17	17.27	43	43.21	68	68.18	93	93.10
18	18.29	44	44.21	69	69.19	94	94.11
19	19.41	45	45.22	70	70.17	95	95.10
20	20.43	46	46.21	71	71.16	96	96.09
21	21.43	47	47.21	72	72.16	97	97.07
22	22.33	48	48.22	73	73.13	98	98.07
23	23.34	49	49.22	74	74.11	99	99.07
24	24.25	50	50.22	75	75.10	100	100.07
25	25.26						

Pour que les indications de l'alcoomètre soient rigoureusement exactes, il faut que le liquide distillé mouille parfaitement sa tige graduée ; il est donc indispensable de maintenir l'alcoomètre dans le plus grand état de propreté.

On effectue la lecture de l'alcoomètre en plaçant l'œil **audessous** de la surface du liquide, suivant la ligne D E (fig. 45).

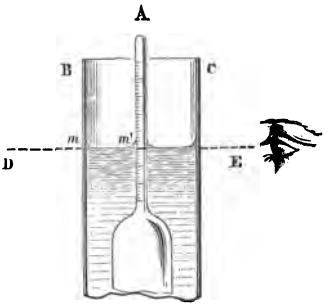


Fig. 45. — Lecture de l'alcoomètre

Il est prudent, afin d'éviter toute erreur, de lire à deux reprises les degrés alcoométrique et thermométrique et d'en prendre la moyenne. On note l'indication du thermomètre et

Digitized by Google

l'on détermine au moyen des tableaux qui accompagnent l'appareil, la richesse alcoolique réelle du produit distillé.

Les alcoomètres contrôlés sont habituellement conservés dans des écrins (fig. 46).

Fig. 46. — Ecrin de cinq alcoomètres Gay-Lussac controlés.

Table des forces réelles

Les lignes suivantes extraites de la table officielle des forces réelles donneront l'explication de l'alcoométrie volumétrique.

L'alcoomètre de Gay-Lussac est un aréomètre à graduation spéciale destiné, lorsqu'il est plongé dans un mélange d'alcool et d'eau, à indiquer, par son point d'affleurement, la proportion d'alcool contenue dans le mélange. L'instrument a été gradué à 15 degrés centigrades, température moyenne à laquelle le volume légal de l'alcool a été fixé par la loi n° 3 du 24 juin 1824. A cette température l'alcoomètre fournit directement, par simple lecture, l'indication du nombre de parties d'alcool absolu contenues dans 100 parties du liquide éprouvé. C'est ce qu'on appelle la *force alcoolique réelle*, *le degré* ou *titre réel* de ce liquide.

Mais, si la température du liquide est au-dessus et au-dessous de 15° C., l'indication fournie par l'alcoomètre n'est plus — en raison des variations de densité qui correspondent aux variations de température — qu'un *degré apparent* comportant

Digitized by Google

une correction, en moins dans le premier cas, en plus dans le second cas.

Pour permettre d'opérer cette correction, Gay-Lussac a construit, à l'aide de calculs reposant sur des données expérimentales, une table dite *Table de la force réelle des liquides spiritueux, ou indications que donnerait l'alcoomètre dans les divers liquides spiritueux amenés, de la température à laquelle la force apparente en est prise, à celle de 15° C.*

Soit un liquide dont la force apparente est de 80° et la température de 6° C., la table de la force réelle indique que, si l'on ramenait ce liquide à 15° C., avant d'en effectuer la pesée, l'instrument marquerait non plus 80°, mais 82° 6, c'est-à-dire que 100 litres du liquide, *mesurés à 15°* C., contiennent 82 lit. 6 d'alcool absolu également mesurés à 15° C. 82° 6, est donc la force réelle, le degré réel de ce liquide.

Mais, si l'on avait effectivement ramené ce liquide de 6° à 15° C., ce n'est pas seulement son poids spécifique qui aurait changé, c'est aussi son volume. De telle sorte que, si l'on veut connaître, non plus seulement la force réelle d'un liquide, mais la quantité d'alcool pur que renferme un volume donné de ce liquide, mesuré à une température quelconque, il faut, indépendamment de la correction du degré, ramener par le calcul ce volume donné à celui que le liquide occuperait si la température était de 15° C.

La table fournit le moyen de faire également cette correction. A côté de la force réelle correspondant au degré apparent et à la température ($t°$) de l'expérience, on y trouve l'indication du volume que 1.000 parties du liquide, mesurées à $t°$, occuperaient si la température était ramenée de $t°$ à 15° C. Dans le cas de l'exemple déjà cité, la table fait connaître que 1.000 litres d'un liquide, dont le degré apparent est 80 degrés et la température 6° C occuperaient, à la température de 15° C., un volume de 1.009 litres. De telle sorte que, pour déterminer la quantité d'alcool pur que renferment, par exemple, 600 litres de ce liquide, il faudra effectuer les opérations suivantes :

$$600 \times \frac{1.009}{1.000} = 605.41 \times \frac{82.6}{100} = 500 \text{ l. } 06$$

Pour simplifier le calcul, en réduisant de deux à une le nom-

Digitized by Google

bre des multiplications à effectuer, Gay-Lussac a construit, sur les données de la Table de la force réelle, une deuxième table dans laquelle se trouve toute faite la multiplication de la force réelle (dans l'espèce 82° 6) par le rapport des volumes à $t°$ et à 15° C (dans l'espèce $\frac{1.009}{1.000}$). C'est la *table de richesse en alcool* des liquides spiritueux. Pour le cas déjà cité (degré apparent 80° ; température 6° C) cette table nous indique une richesse en alcool de 83.3 (produit de la multiplication de 82.6 par $\frac{1.009}{1.000}$ avec quatre centièmes négligés). Les opérations précédemment indiquées se réduiront donc à :

$$600 \times \frac{83.3}{100} = 499 \text{ lit. } 80 \text{ (1)}.$$

Ces explications conduisent aux définitions suivantes :

Le volume réel d'un liquide alcoolique est le nombre de litres que mesure le liquide à la température de 15° C. Si la température diffère de 15° C, le volume reconnu est un volume apparent. *La table de la force réelle fournit les indications nécessaires pour la conversion du volume apparent en volume réel.*

Le degré reel d'un liquide alcoolique est la quantité, en volume, mesurée à 15° C que contiennent 100 parties de ce liquide ramené effectivement à la température de 15° C. Si la température diffère de 15° C, l'alcoomètre n'accuse qu'un degré apparent. *La table de la force réelle donne le moyen de convertir le degré* apparent en degré réel. La force réelle d'un liquide est constante, quelle que soit la température.

La richesse en alcool d'un liquide à la température de t° *représente la quantité d'alcool pur mesurée à 15° C contenue dans 100 litres de ce liquide mesurés à* t°. *Elle est fournie directement par la* table des richesses. Elle est variable pour un même liquide suivant la température à laquelle on opère.

La quantité d'alcool pur que représente un chargement de spiritueux s'obtient en multipliant soit le volume réel par le degré réel, soit le volume apparent par le degré corrigé à l'aide de la table de richesse, le volume et le degré apparents étant alors reconnus à la même température.

(1) La différence insignifiante (0 lit. 26 1/2.000e) qui apparaît entre les deux résultats est la conséquence des quatre centièmes négligés.

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

De ce qui précède, il résulte que les deux tables de Gay-Lussac ont une origine commune, mais répondent à des besoins différents. La *table de richesse* est d'un usage plus commode lorsqu'il s'agit simplement de connaître la quantité d'alcool pur imposable que représente une quantité de liquide spiritueux dont on connaît le volume apparent et le degré apparent *déterminés tous deux à la même température*. Mais c'est à la *table de la force réelle* qu'on doit toujours recourir lorsqu'on a besoin de déterminer le degré réel de ce liquide, lorsqu'il s'agit, par exemple, d'identifier un chargement par la comparaison entre les indications du titre de mouvement qui l'accompagne et les résultats matériels d'une vérification.

La table de richesse était seule jusqu'ici entre les mains du service. Elle est mise à sa disposition sous deux formes, savoir : la table insérée dans la circulaire n° 295, du 11 août 1880, qui est une reproduction de la table dressée par Gay-Lussac, et qui donne, par degrés et dixièmes de degré, la richesse en alcool correspondant au degré apparent et à la température (1).

On trouvera plus loin la table de la force réelle dont le service des contributions indirectes sera désormais appelé à faire emploi en utilisant, pour ses vérifications, les indications nouvelles portées sur les titres de mouvement par application de l'article 7 de la loi du 16 décembre 1897 et de l'article 1er du décret du 29 novembre 1898. (*Voir la partie législative à la fin du volume*).

Usage de la table. — Les degrés indiqués en tête de chaque colonne verticale sont les degrés apparents accusés par l'alcoomètre. Les chiffres inscrits dans la première colonne verticale sont les degrés de température. Pour déterminer la force réelle et le volume réel d'un liquide, étant donnés son degré apparent et la température à laquelle il a été constaté, on cherche d'abord la colonne en tête de laquelle est inscrit ce degré apparent, puis dans cette colonne la case placée sur la ligne horizontale correspondant à l'indication de sa température.

Exemple : Soit un chargement accompagné d'un acquit-à-caution énonçant 1.619 litres à 95° (richesse en alcool) pour 1,538 litres d'alcool pur et portant, en outre, les indications

(1) Voir plus loin.

Digitized by Google

suivantes : Poids net 1.350 kilogrammes; degré marqué par l'alcoomètre 90°; température 0°.

Consultant la table de la force réelle, on trouve que ces indications correspondent à une force réelle de 93°6 et à un volume réel de $1.619 \times \frac{1.015}{1.000} = 1.643$ litres.

Procédant à la vérification, on reconnaît un volume de 1.662 litres avec un degré apparent de 96° à la température de 26°C. La même table fait connaître que ces données correspondent à une force réelle de 93°6 et à un volume réel de $1,662 \times \frac{989}{1.000} = 1.644$ litres. Ces résultats concordant pleinement avec les indications mentionnées au titre de mouvement, on doit en conclure que le chargement représenté est bien celui pour lequel ce titre de mouvement a été délivré.

On remarquera que les deux constatations — celle de la force réelle et celle du volume réel — sont indépendantes l'une de l'autre et qu'on peut faire porter la vérification séparément sur l'une ou sur l'autre. Si l'on possède à l'arrivée les moyens de déterminer le poids net du chargement, on pourra, en le comparant au poids net énoncé sur l'acquit, se dispenser de la reconnaissance du volume apparent et de la comparaison des volumes réels. Ce mode de vérification est même préférable, la détermination du poids pouvant se faire, en général, avec plus de rigueur que celle du volume. Dans ce cas, la table serait utilisée seulement pour la détermination de la force réelle.

Le chargement ayant été reconnu identique à l'expédition tant au point de vue de la quantité (poids ou volume) qu'à celui de la force alcoolique réelle, il s'ensuit que la quantité d'alcool pur énoncée est bien celle que représente le chargement. Si on voulait cependant la déterminer à nouveau d'après les résultats de la vérification, on trouverait :

1° En se servant de la table de la force réelle :

$$1.644 \text{ (volume réel)} \times \frac{93°6}{100} \text{ (degré réel)} = 1.538 \text{ litres :}$$

2° En se servant de la table de richesse :

1.662 (volume apparent) $\times$ 92°5 (richesse en alcool) = 1.537 litres (1).

(1) La différence de 1 litre provient de centièmes négligés dans la formation de la table de richesse.

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
0°	1.3 / 1000	2.4 / 1000	3.4 / 1000	4.4 / 1000	5.4 / 1000	6.5 / 1001	7.5 / 1001	8 6 / 1001	9.7 / 1001	10.9 / 1001
1°										
2°										
3°										
4°										
5°	1.4 / 1001	2.5 / 1001	3.5 / 1001	4 5 / 1001	5.5 / 1001	6.6 / 1001	7.7 / 1001	8.7 / 1001	9.8 / 1001	10.9 / 1001
6°										
7°										
8°										
9°										
10°	1.4 / 1000	2.4 / 1000	3.4 / 1001	4.5 / 1001	5.5 / 1001	6.5 / 1001	7.5 / 1001	8.5 / 1001	9.5 / 1001	10.6 / 1001
11°	1.3 / 1000	2.4 / 1000	3.4 / 1000	4.4 / 1001	5.4 / 1001	6.4 / 1001	7.4 / 1001	8.4 / 1001	9.4 / 1001	10.5 / 1001
12°	1.2 / 1000	2.3 / 1000	3.3 / 1000	4.3 / 1000	5.3 / 1000	6.3 / 1000	7.3 / 1000	8.3 / 1000	9.3 / 1000	10.4 / 1000
13°	1.2 / 1000	2.2 / 1000	3.2 / 1000	4.2 / 1000	5.2 / 1000	6.2 / 1000	7.2 / 1000	8.2 / 1000	9.2 / 1000	10.3 / 1000
14°	1.1 / 1000	2.1 / 1000	3.1 / 1000	4.1 / 1000	5.1 / 1000	6.1 / 1000	7.1 / 1000	8.1 / 1000	9.1 / 1000	10.2 / 1000
15°	1 / 1000	2 / 1000	3 / 1000	4 / 1000	5 / 1000	6 / 1000	7 / 1000	8 / 1000	9 / 1000	10 / 1000
16°	0.9 / 1000	1.9 / 1000	2.9 / 1000	3.9 / 1000	4.9 / 1000	5.9 / 1000	6.9 / 1000	7.9 / 1000	8.9 / 1000	9.9 / 1000
17°	0.8 / 1000	1.8 / 1000	2.8 / 1000	3.8 / 1000	4.8 / 1000	5.8 / 1000	6.8 / 1000	7.8 / 1000	8 8 / 1000	9.8 / 1000
18°	0.7 / 1000	1.7 / 1000	2.7 / 1000	3.7 / 1000	4.7 / 1000	5 7 / 1000	6.7 / 1000	7 7 / 1000	8.7 / 1000	9 7 / 1000
19°	0.6 / 999	1.6 / 999	2.6 / 999	3 6 / 999	4.5 / 999	5 5 / 999	6.5 / 999	7.5 / 999	8.5 / 999	9.5 / 999
20°	0.5 / 999	1.5 / 999	2.4 / 999	3 4 / 999	4.4 / 999	5.4 / 999	6.4 / 999	7 3 / 999	8.3 / 999	9.3 / 999
21°	0 4 / 999	1.4 / 999	2.3 / 999	3.3 / 999	4.3 / 999	5 2 / 999	6.2 / 999	7.1 / 999	8.1 / 999	9 1 / 999
22°	0.3 / 999	1.3 / 999	2.2 / 999	3.2 / 999	4.1 / 999	5.1 / 999	6.1 / 999	7 / 999	7.9 / 999	8.9 / 999
23°	0.1 / 999	1.1 / 999	2.1 / 999	3.1 / 999	4 / 999	4.9 / 999	5.9 / 999	6.8 / 998	7.8 / 998	8.7 / 998
24°		1 / 998	1.9 / 998	2.9 / 998	3.8 / 998	4.8 / 998	5.8 / 998	6.7 / 998	7.6 / 998	8.5 / 998
25°		0.8 / 998	1.7 / 998	2 7 / 998	3.6 / 998	4.6 / 998	5 5 / 998	6.5 / 998	7.4 / 998	8.3 / 998
26°		0.7 / 998	1.6 / 998	2.6 / 998	3.5 / 998	4 4 / 998	5.4 / 998	6.3 / 998	7.2 / 998	8 1 / 998
27°		0.5 / 998	1.5 / 998	2.4 / 998	3.3 / 998	4.3 / 998	5.2 / 998	6.1 / 998	7 / 998	7.9 / 998
28°		0.3 / 997	1.3 / 997	2.2 / 997	3.1 / 997	4.1 / 997	5 / 997	5.9 / 997	6.8 / 997	7.7 / 997
29°		0.1 / 997	1.1 / 997	2 / 997	2.9 / 997	3.9 / 997	4.8 / 997	5.7 / 997	6.6 / 997	7.5 / 997
30°		0 0 / 997	0.9 / 997	1.9 / 997	2.8 / 997	3 7 / 997	4.6 / 997	5 5 / 997	6.4 / 997	7.3 / 997

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°
0°	12.2	13.4	14.7	16.1	17.5	18.9	20.3	21.6	22.9	24.2
	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1004	1004	1004
1°		13.4	14.7	16	17.3	18.7	20	21.3	22.6	23.9
		1002	1002	1002	1002	1003	1003	1004	1004	1004
2°.....		13.4	14.7	16	17.2	18 5	19.8	21.1	22.3	23.6
		1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
3°....		13.3	14.6	15.9	17.1	18.3	19.6	20.8	22	23.3
		1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004
4°.....		13.3	14.5	15.8	16.9	18 1	19.4	20.6	21.8	23
		1001	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
5°.....	12 1	13.2	14.4	15 7	16.8	18	19.2	20.4	21.5	22.7
	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
6°.....		13.1	14.3	15.6	16.7	17.8	19	20.2	21.3	22.4
		1001	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
7°.....		13	14.2	15.4	16.6	17.7	18.8	20	21	22.1
		1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002
8°.....		13	14.1	15.3	16.4	17.5	18.6	19.7	20.7	21.8
		1001	1001	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002
9°.....		12.9	14	15.1	16.2	17.3	18.4	19.5	20.5	21.6
		1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1002	1002
10° ...	11.7	12.7	13.8	14.9	16	17	18.1	19.2	20.2	21.3
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
11°. ..	11.6	12.6	13.6	14.7	15.8	16.8	17.9	19	20	21
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
12°....	11.5	12.5	13.5	14.6	15.6	16.6	17.6	18.7	19.7	20.7
	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
13°....	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
14° ...	11.2	12.3	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°
15° ...	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16° .	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.8	18.7	19.7
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17°....	10.8	11.7	12.7	13.7	14.7	15.6	16.6	17.5	18.4	19.4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	999	999
18° ...	10.7	11.6	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.3	18.2	19 1
	1000	1000	999	999	999	999	999	999	999	999
19° ...	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3	15.2	16.1	17	17.9	18.8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20° ...	10.3	11.2	12.2	13.1	14	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
21°....	10.1	11	11.9	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2
	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998
22°....	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17	17.9
	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998
23°....	9.7	10.6	11.5	12.4	13.3	14.1	15	15.9	16.7	17.6
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
24° ...	9.5	10.4	11.3	12.2	13.1	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
25°....	9.3	10.2	11.1	12	12.8	13.6	14.5	15.4	16.2	17.1
	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997
26°....	9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.4	14.2	15.1	15.9	16.8
	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997
27°....	8.8	9.7	10.6	11.5	12.3	13.1	14	14.8	15.6	16.5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
28°....	8.6	9.5	10.3	11.2	12	12.8	13.7	14.5	15.3	16.1
	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996
29°....	8.4	9.2	10.1	11	11.8	12.6	13.4	14.2	15	15.8
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
30°...	8.1	9	9.8	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5
	997	996	996	996	996	996	996	996	996	996

Digitized by Google

Degrés de température.	Degrés marqués par l'alcoomètre.									
	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
0°	25.6 1005	27 1005	28.4 1006	29.7 1006	30.9 1007	32.1 1007	33.2 1007	34.3 1008	35.3 1008	36.3 1008
1°	25.3 1005	26.7 1005	28 1005	29.2 1006	30.4 1006	31.6 1006	32.7 1007	33.8 1007	34.8 1007	35.8 1008
2°	24.9 1004	26.3 1005	27.5 1005	28.8 1005	30 1006	31.2 1006	32.3 1006	33.3 1006	34.4 1007	35.4 1007
3°	24.6 1004	25.9 1005	27.1 1005	28.4 1005	29.6 1005	30.8 1006	31.9 1006	32.9 1006	33.9 1007	34.9 1007
4°	24.3 1004	25.6 1004	26.8 1005	28 1005	29.2 1005	30.4 1005	31.4 1005	32.5 1005	33.5 1006	34.5 1006
5°	24 1003	25.2 1003	26.4 1004	27.6 1004	28.8 1004	30 1004	31 1005	32.1 1005	33.1 1005	34.1 1005
6°	23.6 1003	24.9 1003	26 1004	27.2 1004	28.4 1004	29.6 1004	30.6 1005	31.6 1005	32.6 1005	33.6 1005
7°	23.3 1002	24.6 1003	25.7 1003	26.9 1003	28 1003	29.2 1003	30.2 1004	31.2 1004	32.2 1004	33.2 1004
8°	23 1002	24.2 1002	25.3 1003	26.5 1003	27.6 1003	28.8 1003	29.8 1003	30.8 1003	31.8 1003	32.8 1003
9°	22.7 1002	23.9 1002	25 1002	26.1 1002	27.2 1002	28.4 1003	29.4 1003	30.4 1003	31.4 1003	32.4 1003
10°	22.4 1001	23.5 1002	24.6 1002	25.7 1002	26.8 1002	27.9 1002	29 1002	30 1002	31 1002	32 1002
11°	22.1 1001	23.2 1001	24.3 1001	25.4 1001	26.5 1002	27.6 1002	28.6 1002	29.6 1002	30.6 1002	31.6 1002
12°	21.8 1001	22.9 1001	24 1001	25.1 1001	26.1 1001	27.2 1001	28.2 1001	29.2 1001	30.2 1001	31.2 1001
13°	21.5 1001	22.6 1001	23.6 1001	24.7 1001	25.7 1001	26.8 1001	27.8 1001	28.8 1001	29.8 1001	30.8 1001
14°	21.2 1000	22.3 1000	23.3 1000	24.3 1000	25.3 1000	26.4 1000	27.4 1000	28.4 1000	29.4 1000	30.4 1000

Degrés de température.	Degrés marqués par l'alcoomètre.									
	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
15°	21 1000	22 1000	23 1000	24 1000	25 1000	26 1000	27 1000	28 1000	29 1000	30 1000
16°	20.7 1000	21.7 1000	22.7 1000	23.7 1000	24.7 1000	25.7 1000	26.6 1000	27.6 1000	28.6 1000	29.6 1000
17°	20.4 999	21.4 999	22.4 999	23.4 999	24.4 999	25.4 999	26.3 999	27.3 999	28.2 999	29.2 999
18°	20.1 999	21.1 999	22 999	23 999	24 999	25 999	25.9 999	26.9 999	27.8 999	28.8 999
19°	19.8 999	20.8 999	21.7 999	22.7 999	23.6 998	24.6 998	25.5 998	26.5 998	27.4 998	28.4 998
20°	19.5 999	20.5 998	21.4 998	22.4 998	23.3 998	24.3 998	25.2 998	26.1 998	27.1 998	28 998
21°	19.1 998	20.1 998	21.1 998	22.1 998	23 998	23.9 998	24.8 998	25.7 998	26.7 997	27.6 997
22°	18.8 998	19.8 998	20.7 998	21.7 997	22.6 997	23.6 997	24.4 997	25.3 997	26.3 997	27.2 997
23°	18.5 998	19.5 997	20.4 997	21.4 997	22.3 997	23.2 997	24.1 997	25 997	25.9 997	26.8 997
24°	18.3 997	19.2 997	20.1 997	21.1 997	21.9 997	22.8 997	23.7 997	24.6 996	25.5 996	26.4 996
25°	18 997	18.9 997	19.8 997	20.7 997	21.6 996	22.5 996	23.3 996	24.3 996	25.2 996	26.1 996
26°	17.7 997	18.6 996	19.5 996	20.4 996	21.3 996	22.2 996	23 996	23.9 996	24.8 995	25.7 995
27°	17.4 996	18.3 996	19.2 996	20.1 996	20.9 996	21.8 996	22.7 996	23.6 996	24.4 995	25.3 995
28°	17 996	18 996	18.9 996	19.7 995	20.6 995	21.5 995	22.3 995	23.2 995	24 995	24.9 994
29°	16.7 996	17.6 996	18.5 995	19.4 995	20.3 995	21.1 995	21.9 995	22.8 994	23.7 994	24.5 994
30°	16.4 995	17.3 995	18.2 995	19.1 995	19.9 995	20.8 994	21.6 994	22.5 994	23.3 994	24.2 994

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°
0°	37.3 1009	38.3 1009	39.2 1009	40.2 1009	41.1 1009	42.1 1010	43.1 1010	44 1010	45 1010	45.9 1011
1°	36.8 1008	37.8 1008	38.8 1008	39.8 1008	40.8 1009	41.8 1009	42.7 1009	43.7 1009	44.6 1010	45.5 1010
2°	36.4 1007	37.4 1007	38.4 1008	39.4 1008	40.4 1008	41.4 1008	42.3 1008	43.3 1009	44.2 1009	45.1 1009
3°	36 1007	37 1007	38 1007	39 1007	40 1007	41 1008	42 1008	42.9 1008	43.9 1008	44.8 1008
4°	35.5 1006	36.5 1006	37.5 1006	38.5 1007	39.5 1007	40.5 1007	41.5 1007	42.5 1007	43.5 1007	44.4 1008
5°	35.1 1005	36.1 1006	37.1 1006	38.1 1006	39.1 1006	40.1 1006	41.1 1007	42.1 1007	43.1 1007	44 1007
6°	34.7 1005	35.7 1005	36.7 1005	37.7 1005	38.7 1005	39.7 1006	40.7 1006	41.6 1006	42.6 1006	43.6 1006
7°	34.2 1004	35.2 1004	36.2 1004	37.2 1005	38.2 1005	39.2 1005	40.2 1005	41.2 1005	42.2 1005	43.2 1005
8°	33.8 1004	34.8 1004	35.8 1004	36.8 1004	37.8 1004	38.8 1004	39.8 1004	40.8 1004	41.8 1004	42.8 1005
9°	33.4 1003	34.4 1003	35.4 1003	36.4 1003	37.4 1004	38.4 1004	39.4 1004	40.4 1004	41.4 1004	42.4 1004
10°	33 1002	34 1002	35 1003	36 1003	37 1003	38 1003	39 1003	40 1003	41 1003	42 1003
11°	32.6 1002	33.6 1002	34.6 1002	35.6 1002	36.6 1002	37.6 1002	38.6 1002	39.6 1002	40.6 1003	41.6 1003
12°	32.2 1001	33.2 1001	34.2 1001	35.2 1002	36.2 1002	37.2 1002	38.2 1002	39.2 1002	40.2 1002	41.2 1002
13°	31.8 1001	32.8 1001	33.8 1001	34.8 1001	35.8 1001	36.8 1001	37.8 1001	38.8 1001	39.8 1001	40.8 1001
14°	31.4 1000	32.4 1000	33.4 1001	34.4 1001	35.4 1001	36.4 1001	37.4 1001	38.4 1001	39.4 1001	40.4 1001

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°
15°	31 1000	32 1000	33 1000	34 1000	35 1000	36 1000	37 1000	38 1000	39 1000	40 1000
16°	30.6 1000	31.6 1000	32.5 999	33.5 999	34.5 999	35.5 999	36.5 999	37.5 999	38.5 999	39.5 999
17°	30.2 999	31.2 999	32.1 999	33.1 999	34.1 999	35.1 999	36.1 999	37.1 999	38.1 999	39.1 999
18°	29.8 999	30.8 999	31.7 998	32.7 998	33.7 998	34.7 998	35.7 998	36.7 998	37.7 998	38.7 998
19°	29.4 998	30.4 998	31.3 998	32.3 998	33.3 998	34.3 998	35.3 998	36.3 998	37.3 997	38.3 997
20°	29 998	30 998	30.9 997	31.9 997	32.9 997	33.9 997	34.9 997	35.9 997	36.9 997	37.9 997
21°	28 6 997	29 6 997	30.5 997	31.5 997	32.5 997	33.5 997	34.5 997	35.5 996	36.5 996	37.5 996
22°	28.2 997	29.2 997	30.1 996	31.1 996	32.1 996	33.1 996	34.1 996	35.1 996	36.1 996	37.1 996
23°	27.8 996	28.8 996	29.7 995	30.7 996	31.7 996	32.7 996	33.7 996	34.7 995	35.7 995	36.7 995
24°	27.4 996	28.4 996	29.3 995	30.3 995	31.3 995	32.3 995	33.3 995	34.3 995	35.3 995	36.3 994
25°	27 995	28 995	28.9 995	29.9 995	30.9 995	31.9 994	32.9 994	33.9 994	34.9 994	35.9 994
26°	26.6 995	27.6 995	28.5 995	29.5 994	30.5 994	31.5 994	32.5 994	33.5 994	34.5 993	35.5 993
27°	26.2 995	27.2 994	28.1 994	29.1 994	30.1 994	31.1 993	32.1 993	33.1 993	34.1 993	35.1 993
28°	25.8 994	26.8 994	27.7 994	28.7 993	29.7 993	30.7 993	31.7 993	32.7 993	33.7 992	34.7 992
29°	25.4 994	26.4 993	27.3 993	28.3 993	29.3 993	30.3 992	31.3 992	32.3 992	33.3 992	34.3 992
30°	25.1 993	26 993	26.9 993	27.9 993	28.9 992	29.9 992	30.9 992	31.9 991	32.9 991	33.9 991

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°
0°	46.9 1011	47.9 1011	48.8 1011	49.8 1011	50.7 1011	51.7 1011	52.6 1012	53.5 1012	54.5 1012	55.4 1012
1°	46.5 1010	47.5 1010	48.4 1010	49.4 1010	50 3 1010	51.3 1011	52.2 1011	53.2 1011	54.2 1011	55.1 1011
2°	46.1 1009	47.1 1009	48.1 1009	49 1009	49.9 1010	50.9 1010	51.8 1010	52.8 1010	53.8 1010	54.7 1010
3°	45.8 1008	46.7 1009	47.7 1009	48.6 1009	49.6 1009	50.5 1009	51.5 1009	52.4 1009	53.4 1009	54.3 1009
4°	45.4 1008	46.4 1008	47 4 1008	48.3 1008	49.2 1008	50.2 1008	51.1 1008	62.1 1008	53 1008	54 1009
5°	45 1007	45.9 1007	46.9 1007	47.9 1007	48.8 1007	49.8 1007	50.7 1007	51.7 1008	52.7 1008	53.6 1008
6°	44.6 1006	45.5 1006	46.5 1006	47 5 1007	48.4 1007	49.4 1007	50.4 1007	51.4 1007	52.4 1007	53.3 1007
7°	44.2 1005	45.1 1006	46.1 1006	47.1 1006	48 1 1006	49.1 1006	50.1 1006	51 1006	52 1006	52.9 1006
8°	43.8 1003	44.8 1005	45.8 1005	46.8 1005	47.7 1005	48.7 1005	49.7 1005	50.6 1005	51.6 1005	52.6 1005
9°	43 4 1004	44.4 1004	45.4 1004	46.4 1004	47.3 1004	48.3 1004	49.3 1005	50.2 1005	51.2 1005	52.2 1005
10°	43 1003	44 1004	45 1004	46 1004	46.9 1004	47.9 1004	48.9 1004	49.9 1004	50.9 1004	51.8 1004
11°	42.6 1003	43.6 1003	44.6 1003	45.6 1003	46.6 1003	47.6 1003	48.6 1003	49.5 1003	50.5 1003	51.5 1003
12°	42.2 1002	43.2 1002	44.2 1002	45.2 1002	46.2 1002	47.2 1002	48.2 1002	49.2 1002	50.2 1002	51.1 1002
13°	41.8 1001	42.8 1001	43.8 1001	44.8 1002	45.8 1002	46.8 1002	47.8 1002	48.8 1002	49.8 1002	50.8 1002
14°	41.4 1001	42.4 1001	43.4 1001	44.4 1001	45.4 1001	46.4 1001	47.4 1001	48.4 1001	49.4 1001	50.4 1001

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°
15°	41 1000	42 1000	43 1000	44 1000	45 1000	46 1000	47 1000	48 1000	49 1000	50 1000
16°	40 6 999	41.6 999	42.6 999	43.6 999	44.6 999	45.6 999	46.6 999	47.6 999	48.6 999	49 6 999
17°	40.2 999	41 2 999	42.2 999	43.2 998	44.2 998	45.2 998	46.2 998	47.2 998	48.3 998	49 3 998
18°	39.8 998	40 8 998	41 8 998	42 8 998	43.8 998	44.9 998	45.9 998	46.9 998	47.9 998	48.9 998
19°	39.4 997	40.4 997	41 4 997	42.5 997	43 5 997	44 5 997	45.5 997	46.5 997	47.5 997	48 5 997
20°	39 997	40 997	41 997	42.1 997	43 1 996	44 1 996	45.1 996	46.1 996	47.2 996	48.2 996
21°	38.6 996	39.6 996	40.6 996	41.7 996	42.7 996	43 7 996	44.8 996	45.8 996	46.8 995	47.8 995
22°	38.2 996	39.2 995	40.2 995	41.3 995	42.3 995	43.3 995	44.3 995	45.3 995	46.4 995	47.4 995
23°	37.8 995	38 8 995	39.8 995	40.9 994	41.9 994	42.9 994	43.9 994	44.9 994	46 994	47 994
24°	37.4 994	38.4 994	39.4 994	40.5 994	41.5 994	42.5 994	43.6 994	44.6 994	45.6 993	46.6 993
25°	37 994	38 994	39 993	40.1 993	41.1 993	42.2 993	43.2 993	44.2 993	45.2 993	46.3 993
26°	36.5 993	37.6 993	38.6 993	39.7 993	40.7 992	41.8 992	42.8 992	43.8 992	44.9 992	45.9 992
27°	36.1 992	37.2 992	38.2 992	39.3 992	40.3 992	41.4 992	42.4 992	43.4 991	44.5 991	45.5 991
28°	35.7 992	36.8 992	37.8 992	38.9 991	39.9 991	41 991	42 991	43 991	44.1 991	45.1 990
29°	35.3 991	36.3 991	37.4 991	38.5 991	39.5 991	40.6 990	41.6 990	42.6 990	43.7 990	44.7 990
30°	34.9 991	35.9 991	37 990	38.1 990	39.1 990	40.2 990	41.2 990	42.3 989	43.3 989	44.3 989

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°
0°	56.4 / 1012	57.3 / 1012	58.3 / 1012	59.2 / 1012	60.2 / 1012	61.2 / 1012	62.1 / 1012	63.1 / 1013	64.1 / 1013	65 / 1013
1°	56 / 1011	57 / 1011	57.9 / 1011	58.9 / 1011	59.9 / 1011	60.9 / 1011	61.8 / 1011	62.8 / 1012	63.8 / 1012	64.7 / 1012
2°	55.7 / 1010	56.6 / 1010	57.6 / 1010	58.5 / 1010	59.5 / 1010	60.5 / 1011	61.5 / 1011	62.4 / 1011	63.4 / 1011	64.4 / 1011
3°	55.3 / 1009	56.3 / 1009	57.2 / 1009	58.2 / 1010	59.2 / 1010	60.2 / 1010	61.1 / 1010	62.1 / 1010	63.1 / 1010	64.1 / 1010
4°	55 / 1009	56 / 1009	56.9 / 1009	57.9 / 1009	58.9 / 1009	59.8 / 1009	60.8 / 1009	61.7 / 1009	62.7 / 1009	63.7 / 1009
5°	54.6 / 1008	55.6 / 1008	56.6 / 1008	57.5 / 1008	58.5 / 1008	59.5 / 1008	60.4 / 1008	61.4 / 1008	62.4 / 1008	63.4 / 1008
6°	54.3 / 1007	55.2 / 1007	56.2 / 1007	57.1 / 1007	58.1 / 1007	59.1 / 1007	60.1 / 1007	61 / 1008	62 / 1008	63 / 1008
7°	53.9 / 1006	54.9 / 1006	55.9 / 1006	56.8 / 1006	57.8 / 1006	58.8 / 1006	59.8 / 1007	60.7 / 1007	61.7 / 1007	62.7 / 1007
8°	53.6 / 1005	54.6 / 1005	55.5 / 1006	56.5 / 1006	57.5 / 1006	58.5 / 1006	59.5 / 1006	60.4 / 1006	61.4 / 1006	62.4 / 1006
9°	53.2 / 1005	54.2 / 1005	55.1 / 1005	56.1 / 1005	57.1 / 1005	58.1 / 1005	59.1 / 1005	60 / 1005	61 / 1005	62 / 1005
10°	52.8 / 1004	53.8 / 1004	54.8 / 1004	55.8 / 1004	56.8 / 1004	57.8 / 1004	58.8 / 1004	59.7 / 1004	60.7 / 1004	61.7 / 1004
11°	52.5 / 1003	53.5 / 1003	54.4 / 1003	55.4 / 1003	56.4 / 1003	57.4 / 1003	58.4 / 1003	59.4 / 1003	60.4 / 1003	61.4 / 1003
12°	52.1 / 1002	53.1 / 1002	54.1 / 1002	55 / 1002	56 / 1002	57 / 1002	58 / 1002	59 / 1002	60 / 1002	61 / 1002
13°	51.8 / 1002	52.7 / 1002	53.7 / 1002	54.7 / 1002	55.7 / 1002	56.7 / 1002	57.7 / 1002	58.7 / 1002	59.7 / 1002	60.7 / 1002
14°	51.4 / 1001	52.3 / 1001	53.3 / 1001	54.3 / 1001	55.3 / 1001	56.3 / 1001	57.3 / 1001	58.3 / 1001	59.3 / 1001	60.3 / 1001

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°
15°	51 / 1000	52 / 1000	53 / 1000	54 / 1000	55 / 1000	56 / 1000	57 / 1000	58 / 1000	59 / 1000	60 / 1000
16°	50.6 / 999	51.6 / 999	52.6 / 999	53.6 / 999	54.6 / 999	55.6 / 999	56.6 / 999	57.6 / 999	58.6 / 999	59.6 / 999
17°	50.3 / 998	51.3 / 998	52.3 / 998	53.3 / 998	54.3 / 998	55.3 / 998	56.3 / 998	57.3 / 998	58.3 / 998	59.3 / 998
18°	49.9 / 998	50.9 / 998	51.9 / 998	52.9 / 998	53.9 / 998	54.9 / 998	55.9 / 998	56.9 / 997	57.9 / 997	58.9 / 997
19°	49.5 / 997	50.6 / 997	51.6 / 997	52.6 / 997	53.6 / 997	54.6 / 997	55.6 / 997	56.6 / 997	57.6 / 997	58.6 / 997
20°	49.2 / 996	50.2 / 996	51.2 / 996	52.2 / 996	53.2 / 996	54.2 / 996	55.2 / 996	56.2 / 996	57.2 / 996	58.2 / 996
21°	48.8 / 995	49.8 / 995	50.8 / 995	51.8 / 995	52.9 / 995	53.9 / 995	54.9 / 995	55.9 / 995	56.9 / 995	57.9 / 995
22°	48.4 / 995	49.4 / 995	50.4 / 995	51.4 / 994	52.5 / 994	53.5 / 994	54.5 / 994	55.5 / 994	56.6 / 994	57.6 / 994
23°	48 / 994	49.1 / 994	50.1 / 994	51.1 / 994	52.1 / 994	53.1 / 994	54.1 / 993	55.1 / 993	56.1 / 993	57.1 / 993
24°	47.6 / 993	48.7 / 993	49.7 / 993	50.7 / 993	51.8 / 993	52.8 / 993	53.8 / 993	54.8 / 993	55.8 / 993	56.8 / 993
25°	47.3 / 993	48.3 / 993	49.3 / 993	50.3 / 992	51.4 / 992	52.4 / 992	53.4 / 992	54.4 / 992	55.5 / 992	56.5 / 992
26°	46.9 / 992	47.9 / 992	49 / 992	50 / 991	51 / 991	52 / 991	53 / 991	54 / 991	55.1 / 991	56.1 / 991
27°	46.5 / 991	47.6 / 991	48.6 / 991	49.6 / 991	50.7 / 990	51.7 / 990	52.7 / 990	53.7 / 990	54.8 / 990	55.8 / 990
28°	46.1 / 990	47.2 / 990	48.2 / 990	49.2 / 990	50.3 / 990	51.3 / 990	52.3 / 990	53.3 / 989	54.4 / 989	55.4 / 989
29°	45.7 / 990	46.8 / 989	47.8 / 989	48.9 / 989	49.9 / 989	51 / 989	52 / 989	53 / 989	54 / 989	55 / 988
30°	45.4 / 989	46.4 / 989	47.5 / 989	48.5 / 988	49.6 / 988	50.6 / 988	51.6 / 988	52.6 / 988	53.6 / 988	54.7 / 988

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°
0°	66 1013	67 1013	68 1013	68.9 1013	69.9 1013	70.8 1013	71.8 1013	72.7 1013	73.7 1014	74.7 1014
1°	65.7 1012	66.7 1012	67.7 1012	68.6 1012	69.6 1012	70.5 1012	71.5 1012	72.4 1012	73.4 1013	74.3 1013
2°	65.3 1011	66.3 1011	67.3 1011	68.3 1011	69.3 1011	70.2 1011	71.2 1011	72.1 1012	73.1 1012	74 1012
3°	65 1010	66 1010	67 1010	68 1010	68.9 1010	69.9 1011	70.8 1011	71.8 1011	72.8 1011	73.7 1011
4°	64.7 1009	65.7 1009	66.6 1009	67.6 1010	68.6 1010	69.5 1010	70.5 1010	71.5 1010	72.5 1010	73.4 1010
5°	64.3 1009	65.3 1009	66.3 1009	67.3 1009	68.3 1009	69.2 1009	70.2 1009	71.2 1009	72.2 1009	73.1 1009
6°	64 1008	65 1008	66 1008	67 1008	68 1008	68.9 1008	69.9 1008	70.9 1008	71.9 1008	72.8 1008
7°	63.7 1007	64.7 1007	65.7 1007	66.7 1007	67.6 1007	68.6 1007	69.6 1007	70.6 1007	71.5 1007	72.5 1007
8°	63.4 1006	64.4 1006	65.4 1006	66.4 1006	67.3 1006	68.3 1006	69.3 1006	70.2 1006	71.2 1006	72.2 1006
9°	63 1005	64 1005	65 1005	66 1005	67 1005	67.9 1005	68.9 1005	69.9 1005	70.9 1005	71.9 1005
10°	62.7 1004	63.7 1004	64.7 1004	65.7 1004	66.7 1004	67.6 1004	68.6 1004	69.6 1004	70.6 1004	71.6 1004
11°	62.4 1003	63.4 1003	64.4 1003	65.4 1003	66.4 1003	67.3 1003	68.3 1003	69.3 1004	70.3 1004	71.3 1004
12°	62 1002	63 1002	64 1002	65 1002	66 1002	67 1002	68 1003	69 1003	70 1003	71 1003
13°	61.7 1002	62.7 1002	63.7 1002	64.7 1002	65.7 1002	66.7 1002	67.7 1002	68.7 1002	69.6 1002	70.6 1002
14°	61.3 1001	62.3 1001	63.3 1001	64.3 1001	65.3 1001	66.3 1001	67.3 1001	68.3 1001	69.3 1001	70.3 1001

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°
15°	61 1000	62 1000	63 1000	64 1000	65 1000	66 1000	67 1000	68 1000	69 1000	70 1000
16°	60.6 999	61.7 999	62.7 999	63.7 999	64.7 999	65.7 999	66.7 999	67.7 998	68.7 999	69.7 999
17°	60.3 998	61.3 998	62.3 998	63.3 998	64.3 998	65.3 998	66.3 998	67.3 998	68.3 998	69.3 998
18°	59.9 997	61 997	62 997	63 997	64 997	65 997	66 997	67 997	68 997	69 997
19°	59.6 997	60.6 997	61.6 997	62.7 997	63.7 997	64.7 997	65.7 997	66.7 997	67.7 996	68.7 996
20°	59.2 996	60.3 996	61.3 996	62.3 996	63.3 996	64.3 996	65.4 996	66.4 996	67.4 996	68.4 996
21°	58.9 995	59.9 995	61 995	62 995	63 995	64 995	65 995	66 995	67 995	68.1 995
22°	58.5 994	59.5 994	60.6 994	61.6 994	62.7 994	63.7 994	64.7 994	65.7 994	66.7 994	67.8 994
23°	58.1 993	59.2 993	60.2 993	61.3 993	62.3 993	63.3 993	64.3 993	65.4 993	66.4 993	67.4 993
24°	57.8 992	58.9 992	59.9 992	61 992	62 992	63 992	64 992	65 992	66 992	67.1 992
25°	57.5 992	58.5 992	59.5 992	60.6 991	61.6 991	62.6 991	63.7 991	64.7 991	65.7 991	66.7 991
26°	57.1 991	58.1 991	59.2 991	60.2 991	61.3 990	62.3 990	63.3 990	64.3 990	65.3 990	66.4 990
27°	56.8 990	57.8 990	58.9 990	59.9 990	60.9 990	61.9 990	63 989	64 989	65 989	66 989
28°	56.4 989	57.5 989	58.5 989	59.5 989	60.6 989	61.6 989	62.6 989	63.7 989	64.7 989	65.7 988
29°	56 988	57.1 988	58.1 988	59.2 988	60.2 988	61.2 988	62.3 988	63.3 988	64.3 988	65.4 988
30°	55.7 988	56.7 987	57.8 987	58.8 987	59.9 987	60.9 987	61.9 987	63 987	64 987	65 987

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°
0°	75.6 1014	76.6 1014	77.6 1014	78.6 1014	79.5 1014	80.5 1014	81.5 1014	82.4 1014	83.3 1014	84.3 1014
1°	75.3 1013	76.3 1013	77.3 1013	78.3 1013	79.2 1013	80.2 1013	81.2 1013	82.1 1013	83.1 1013	84 1013
2°	75 1012	76 1012	77 1012	78 1012	78.9 1012	79.9 1012	80.9 1012	81.9 1012	82.8 1012	83.7 1012
3°	74.7 1011	75.7 1011	76.7 1011	77.7 1011	78.6 1011	79.6 1011	80.6 1011	81.6 1011	82.5 1011	83.5 1011
4°	74.4 1010	75.3 1010	76.3 1010	77.3 1010	78.3 1010	79.3 1010	80.3 1010	81.3 1010	82.2 1010	83.2 1010
5°	74.1 1009	75 1009	76 1009	77 1009	78 1009	79 1009	80 1009	81 1009	81.9 1010	82.9 1010
6°	73.8 1008	74.7 1008	75.7 1008	76.7 1008	77.7 1008	78.7 1008	79.7 1008	80.7 1008	81.6 1008	82.6 1009
7°	73.5 1007	74.4 1007	75.4 1007	76.4 1007	77.4 1007	78.4 1007	79.4 1007	80.4 1007	81.4 1007	82.3 1008
8°	73.2 1006	74.1 1006	75.1 1006	76.1 1006	77.1 1006	78.1 1006	79.1 1007	80.1 1007	81.1 1007	82 1007
9°	72.9 1005	73.8 1005	74.8 1005	75.8 1005	76.8 1005	77.8 1005	78.8 1006	79.8 1006	80.8 1006	81.7 1006
10°	72.6 1004	73.5 1004	74.5 1005	75.5 1005	76.5 1005	77.5 1005	78.5 1005	79.5 1005	80.5 1005	81.5 1005
11°	72.3 1004	73.2 1004	74.2 1004	75.2 1004	76.2 1004	77.2 1004	78.2 1004	79.2 1004	80.2 1004	81.2 1004
12°	72 1003	72.9 1003	73.9 1003	74.9 1003	75.9 1003	76.9 1003	77.9 1003	78.9 1003	79.9 1003	80.9 1003
13°	71.6 1002	72.6 1002	73.6 1002	74.6 1002	75.6 1002	76.6 1002	77.6 1002	78.6 1002	79.6 1002	80.6 1002
14°	71.3 1001	72.3 1001	73.3 1001	74.3 1001	75.3 1001	76.3 1001	77.3 1001	78.3 1001	79.3 1001	80.3 1001

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°
15°	71 1000	72 1000	73 1000	74 1000	75 1000	76 1000	77 1000	78 1000	79 1000	80 1000
16°	70.7 999	71.7 999	72.7 999	73.7 999	74.7 999	75.7 999	76.7 999	77.7 999	78.7 999	79.7 999
17°	70.3 998	71.3 998	72.3 998	73.3 998	74.3 998	75.4 998	76.4 998	77.4 998	78.4 998	79.4 998
18°	70 997	71 997	72 997	73 997	74 997	75.1 997	76.1 997	77.1 997	78.1 997	79.1 997
19°	69.7 996	70.7 996	71.7 996	72.7 996	73.7 996	74.7 996	75.8 996	76.8 996	77.8 996	78.8 996
20°	69.4 996	70.4 996	71.4 995	72.4 995	73.4 995	74.4 995	75.5 995	76.5 995	77.5 995	78.5 995
21°	69.1 995	70.1 995	71.1 995	72.1 994	73.1 994	74.1 994	75.2 994	76.2 994	77.2 994	78.2 994
22°	68.8 994	69.8 994	70.8 994	71.8 994	72.8 993	73.8 993	74.8 993	75.9 993	76.9 993	77.9 993
23°	68.4 993	69.4 993	70.5 993	71.5 993	72.5 992	73.5 992	74.5 992	75.5 992	76.6 992	77.6 992
24°	68.1 992	69.1 992	70.1 992	71.2 992	72.2 992	73.2 992	74.2 992	75.2 991	76.3 991	77.3 991
25°	67.8 991	68.8 991	69.8 991	70.8 991	71.8 991	72.8 991	73.9 991	74.9 991	76 991	77 991
26°	67.4 990	68.4 990	69.5 990	70.5 990	71.5 990	72.5 990	73.6 990	74.6 990	75.6 990	76.7 990
27°	67.1 989	68.1 989	69.2 989	70.2 989	71.2 989	72.2 989	73.3 989	74.3 989	75.3 989	76.3 989
28°	66.8 988	67.8 988	68.8 988	69.9 988	70.9 988	71.9 988	73 988	74 988	75 988	76 988
29°	66.4 988	67.4 987	68.5 987	69.5 987	70.6 987	71.6 987	72.6 987	73.7 987	74.7 987	75.7 987
30°	66.1 987	67.1 987	68.2 986	69.2 986	70.3 986	71.3 986	72.3 986	73.3 986	74.4 986	75.4 986

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°
0°.....	85.2 1014	86.2 1014	87.1 1014	88 1014	88.9 1014	89.9 1015	90.8 1015	91.7 1015	92.6 1015	93.6 1015
1°.....	85 1013	85.9 1013	86.8 1013	87.8 1013	88.7 1013	89.6 1014	90.5 1014	91.5 1014	92.4 1014	93.3 1014
2°.....	84.7 1012	85.6 1012	86.6 1012	87.5 1012	88.5 1012	89.4 1013	90.3 1013	91.2 1013	92.2 1013	93.1 1013
3°.....	84.4 1011	85.4 1011	86.3 1011	87.3 1011	88.2 1011	89.2 1012	90.1 1012	91 1012	91.9 1013	92.9 1012
4°.....	84.2 1011	85.1 1011	86.1 1011	87 1011	87.9 1011	88.9 1011	89.8 1011	90.8 1011	91.7 1011	92.7 1011
5°.....	83.9 1010	84.8 1010	85.8 1010	86.7 1010	87.7 1010	88.6 1010	89.6 1010	90.5 1010	91.5 1010	92.4 1010
6°.....	83.6 1009	84.5 1009	85.5 1009	86.5 1009	87.4 1009	88.4 1009	89.3 1009	90.2 1009	91.2 1009	92.2 1009
7°.....	83.3 1008	84.2 1008	85.2 1008	86.2 1008	87.2 1008	88.1 1008	89.1 1008	90 1008	91 1008	91.9 1008
8°.....	83 1007	84 1007	85 1007	85.9 1007	86.9 1007	87.9 1007	88 8 1007	89.8 1007	90.7 1007	91.7 1007
9°.....	82.7 1006	83.7 1006	84.7 1006	85.7 1006	86.6 1006	87.6 1006	88.6 1006	89.5 1006	90.5 1006	91.5 1006
10°....	82.4 1005	83.4 1005	84.4 1005	85.4 1005	86.4 1005	87.4 1005	88.3 1005	89.3 1005	90.2 1005	91.2 1005
11°....	82.2 1004	83.1 1004	84.1 1004	85.1 1004	86.1 1004	87.1 1004	88 1004	89 1004	90 1004	91 1004
12°....	81.9 1003	82.9 1003	83.9 1003	84.8 1003	85.8 1003	86.8 1003	87.8 1003	88.7 1003	89.7 1003	90.7 1003
13°....	81 6 1002	82.6 1002	83.6 1002	84.6 1002	85.5 1002	86.5 1002	87.5 1002	88.5 1002	89.5 1002	90.5 1002
14°....	81.3 1001	82.3 1001	83.3 1001	84.3 1001	85.3 1001	86.3 1001	87.3 1001	88.2 1001	89.2 1001	90.2 1001

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°
15°....	81 1000	82 1000	83 1000	84 1000	85 1000	86 1000	87 1000	88 1000	89 1000	90 1000
16°....	80.7 999	81.7 999	82.7 999	83.7 999	84.7 999	85.7 999	86.7 999	87.7 999	88.7 999	89.7 999
17°....	80.4 998	81.4 998	82.4 998	83.4 998	84.4 998	85.4 998	86.4 998	87.4 998	88.4 998	89.5 998
18°....	80.1 997	81.1 997	82.1 997	83.1 997	84.1 997	85.2 997	85.2 997	87.2 997	88.2 997	89.2 997
19°....	79.8 996	80.8 996	81 9 996	82.9 996	83.9 996	84.9 996	85.9 996	86.9 996	87.9 996	88.9 996
20°....	79.5 995	80.5 995	81.6 995	82.6 995	83.6 995	84.6 995	85.6 995	86.6 995	87.7 995	88.7 995
21°....	79.2 994	80.2 994	81.3 994	82.3 994	83.3 994	84.3 994	85.3 994	86.4 994	87.4 994	88.4 994
22°....	78.9 993	79.9 993	81 993	82 993	83 993	84 993	85 993	86.1 993	87.1 993	88 2 993
23°....	78.6 992	79.6 992	80.7 992	81.7 992	82.7 992	83.8 992	84.8 992	85.8 992	86.8 992	87.9 992
24°....	78.3 991	79.3 991	80.4 991	81.4 991	82.4 991	83.5 991	84.5 991	85.5 991	86.5 991	87.6 991
25°....	78 991	79 991	80.1 990	81.1 990	82.1 990	83.2 990	84.2 990	85.2 990	86.3 990	87.4 990
26°....	77.7 990	78.7 989	79.8 989	80.8 989	81.8 989	82.9 989	83.9 989	84.9 989	86 989	87.1 989
27°....	77.4 989	78.4 988	79 5 988	80.5 988	81.5 988	82.6 988	83.6 988	84.7 988	85.7 988	86.8 988
28°....	77.1 988	78.1 988	79.2 987	80.2 987	81.2 987	82.3 987	83.3 987	84.4 987	85.4 987	86.5 987
29°....	76.7 987	77.8 987	78.9 987	79.9 986	80.9 986	82 986	83 986	84.1 986	85.1 986	86.2 986
30°....	76.4 986	77.5 986	78.6 986	79.6 986	80.6 985	81.7 985	82.7 985	83.8 985	84.9 985	86 985

Digitized by Google

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMÈTRE.									
	91c	92c	93c	94c	95c	96c	97c	98c	99c	100c
0°.	94.5 / 1015	95.3 / 1015	96.2 / 1015	97 1 / 1015	98 / 1015	98 8 / 1015	99.7 / 1016			
1°.	94.3 / 1014	95.1 / 1014	96 / 1014	96.9 / 1014	97.8 / 1014	98.6 / 1014	99.5 / 1014			
2°.	94 / 1013	94.9 / 1013	95.8 / 1013	96.7 / 1013	97.6 / 1013	98 5 / 1013	99.3 / 1014			
3°.	93.8 / 1012	94.7 / 1012	95.6 / 1012	96.5 / 1012	97.4 / 1012	98.3 / 1012	99.2 / 1012	1012		
4°.	93.6 / 1011	94.5 / 1011	95.4 / 1011	96.3 / 1011	97.2 / 1011	98.1 / 1011	99 / 1011	99.9 / 1011		
5°.	93.4 / 1010	94.3 / 1010	95.2 / 1010	96.1 / 1010	97 / 1010	97.9 / 1010	98.8 / 1010	99.7 / 1010		
6°.	93.1 / 1009	94.1 / 1009	95 / 1009	95.9 / 1009	96 8 / 1009	97.8 / 1009	98.7 / 1009	99.6 / 1009		
7°.	92.9 / 1008	93.9 / 1008	94.8 / 1008	95.7 / 1008	96.6 / 1008	97.6 / 1008	98.5 / 1008	99.4 / 1008		
8°.	92.7 / 1007	93.6 / 1007	94.6 / 1007	95.5 / 1007	96.4 / 1007	97.4 / 1007	98.3 / 1007	99.2 / 1007	1007	
9°.	92 5 / 1006	93.4 / 1006	94.4 / 1006	95.3 / 1006	96.2 / 1006	97.2 / 1006	98.1 / 1006	99.1 / 1006	100 / 1006	
10°. . . .	92.2 / 1005	93.2 / 1005	94.2 / 1005	95.1 / 1005	96 / 1005	97 / 1005	98 / 1005	98.9 / 1005	99.9 / 1005	
11°. . . .	92 / 1004	92.9 / 1004	93.9 / 1004	94.9 / 1004	95.8 / 1004	96.8 / 1004	97.8 / 1004	98.7 / 1004	99.7 / 1004	
12°. . . .	91.7 / 1003	92.7 / 1003	93.7 / 1003	94.7 / 1003	95.6 / 1003	96 6 / 1003	97.6 / 1003	98.5 / 1003	99.5 / 1003	
13°. . . .	91.5 / 1002	92.5 / 1002	93.5 / 1002	94.4 / 1002	95.4 / 1002	96.4 / 1002	97.4 / 1002	98.4 / 1002	99.3 / 1002	
14°. . . .	91.2 / 1001	92.2 / 1001	93.2 / 1001	94.2 / 1001	95.2 / 1001	96.2 / 1001	97.2 / 1001	98.2 / 1001	99.2 / 1001	

DEGRÉS de température.	DEGRÉS MARQUÉS PAR L'ALCOOMETRE.									
	91c	92c	93c	94c	95c	96c	97c	98c	99c	100c
15°.	91 / 1000	92 / 1000	93 / 1000	94 / 1000	95 / 1000	96 / 1000	97 / 1000	98 / 1000	99 / 1000	100 / 1000
16°.	90.8 / 999	91.8 / 999	92.8 / 999	93.8 / 999	94.8 / 999	95.8 / 999	96.8 / 999	97.8 / 999	98 8 / 999	99.8 / 999
17°. . . .	90 5 / 998	91.5 / 998	92.6 / 998	93.6 / 998	94.6 / 998	95.6 / 998	96.6 / 998	97.6 / 998	98.7 / 998	99 7 / 998
18°.	90.2 / 997	91.3 / 997	92.3 / 997	93.3 / 997	94.3 / 997	95.4 / 997	96.4 / 997	97.4 / 997	98.5 / 997	99 6 / 997
19°.	90 / 996	91 1 / 996	92.1 / 996	93.1 / 996	94.1 / 996	95.2 / 996	96.2 / 996	97.3 / 996	98.3 / 996	99.3 / 996
20°.	89 7 / 995	90 8 / 995	91.8 / 995	92.9 / 996	93.9 / 995	95 / 995	96 / 995	97.1 / 995	98.1 / 995	99.1 / 995
21°.	89.5 / 994	90.5 / 994	91.6 / 994	92.6 / 994	93 7 / 994	94.7 / 994	95.8 / 994	96.9 / 994	97.9 / 994	99 / 994
22°.	89.2 / 993	90.2 / 993	91.3 / 993	92.4 / 993	93.4 / 993	94.5 / 993	95.6 / 993	96 7 / 993	97 7 / 993	98.8 / 993
23°.	89 / 992	90 / 992	91.1 / 992	92.1 / 992	93.2 / 992	94 3 / 992	95 4 / 992	96.5 / 992	97.5 / 992	98.6 / 992
24°.	88 7 / 991	89.7 / 991	90.8 / 991	91.9 / 991	93 / 991	94.1 / 991	95.2 / 991	96.2 / 991	97.3 / 991	98.4 / 991
25°.	88 4 / 990	89 5 / 990	90.6 / 990	91.6 / 990	92.7 / 990	93.8 / 990	94.9 / 990	96 / 990	97.1 / 990	98 2 / 990
26°.	88 2 / 989	89 2 / 989	90.3 / 989	91.4 / 989	92.5 / 989	93 6 / 989	94.7 / 989	95.8 / 989	96.9 / 989	98.1 / 989
27°.	87 9 / 988	89 / 988	90 1 / 988	91 1 / 988	92.2 / 988	93.4 / 988	94 5 / 988	95 6 / 987	96 7 / 987	97.9 / 987
28°.	87 6 / 987	88 7 / 987	89.8 / 987	90.9 / 987	92 / 987	93.1 / 987	94.3 / 987	95 4 / 986	96.5 / 986	97 7 / 986
29°.	87 3 / 986	88 4 / 986	89.5 / 986	90.6 / 986	91 7 / 986	92.9 / 986	94.1 / 986	95.2 / 986	96 3 / 985	97 5 / 985
30°.	87 1 / 985	88.2 / 985	89.3 / 985	90 4 / 985	91.5 / 985	92.7 / 985	93 8 / 986	95 / 985	96.1 / 984	97 3 / 984

Digitized by Google

Table de richesse.

Nous reproduisons ici les instructions de l'administration française des contributions indirectes sur l'emploi de la table suivante à l'usage de ses agents.

L'alcoomètre de Gay-Lussac, dont il est fait usage pour mesurer la proportion d'alcool contenue dans un mélange d'alcool et d'eau, est gradué à 15° centigrades, température moyenne à laquelle le volume légal de l'alcool pur a été fixé par la loi n° 3 du 24 juin 1824. Plongé dans un liquide qui a cette température, il marque, au point d'affleurement, le nombre de parties d'alcool à 15° centigrades contenues dans cent parties de ce liquide. C'est ce qu'on appelle le *titre alcoolique réel* ou *la force réelle*. A toute autre température, ses indications ne présentent que le titre *apparent*, lequel doit subir une correction pour donner le volume exact d'alcool à 15°.

On sait, en effet, que les liquides se dilatent sous l'influence de la chaleur et qu'ils se contractent sous l'action du froid. L'alcoomètre s'y enfonce donc plus ou moins, suivant que leur température est plus ou moins élevée.

Le volume correspondant à chaque degré alcoométrique *apparent* constaté aux températures de 0° à 30° a été calculé, pour 100 kilogrammes de liquide, d'après le rapport qui existe entre ce poids de 100 kilogrammes et le poids spécifique des liquides alcooliques aux divers degrés de l'alcoomètre.

Ce volume est sensiblement le même pour tous les liquides dans lesquels l'alcoomètre enfonce jusqu'au même trait, quelle que soit leur température. Ainsi, par exemple, 100 kilogrammes de spiritueux dont le titre apparent est de 11°, à la température de 0°, ont le même volume que 100 kilogrammes d'un liquide dans lequel l'alcoomètre enfonce également jusqu'à la 11e division, et qui marque 30° au thermomètre. La table explique d'elle-même l'uniformité du volume pour un même poids à différentes températures. On voit, en effet, que le premier de ces liquides, au titre de 11°, contient, à la température de 0°, 12,2 0/0 d'alcool pur, tandis que le second, à la température de 30°, n'en contient que 8,1 0/0.

Le volume commun à tous les spiritueux qui accusent le

Digitized by Google

même degré apparent, est inscrit, en lettres grasses, au-dessous de ce degré dans la partie supérieure de la table.

La *richesse alcoolique*, c'est-à-dire le nombre de litres d'alcool à 15° que contiennent pour chaque indication de l'alcoomètre, 100 litres de spiritueux, est présentée en regard de chaque degré du thermomètre, au-dessous du volume correspondant à chaque degré apparent.

Le poids et la température du liquide sont constatés au moyen d'une bascule et d'un thermomètre. Le degré alcoolique *apparent* est donné par un alcoomètre centésimal.

Pour déterminer le volume d'un liquide alcoolique dont le poids net et le degré apparent ont été ainsi constatés, il suffit de chercher dans la table le titre indiqué par l'alcoomètre, et de prendre, au-dessus de ce titre, dans la ligne imprimée en chiffre gras, le volume correspondant à 100 kilogrammes, En multipliant le poids net par le volume de 100 kilogrammes et en divisant le produit par 100, on trouve le volume cherché.

Exemple :

Poids net..... 540 kilogrammes.
Degré apparent..... 91°

D'après la table, le volume correspondant à 100 kilogrammes d'un liquide dont le degré apparent est de 91° étant de $120^{l},4$, la proportion suivante donne la solution du problème :

$$100 : 120^{l},4 = 540^{l} : x = 650^{l},16.$$

soit, en négligeant la fraction..... 650 litres.

Pour calculer la quantité d'alcool pur à 15° centigrades contenue dans un liquide, il faut connaître à quelle température son degré apparent a été constaté.

On a, par exemple, trois fûts dont le poids net est, pour chacun, de 540 kilogrammes. L'un est dans une cour, au nord; sa température est 0°; le second, placé dans une cave, accuse une température de 15°; le troisième est dans une usine, auprès d'un foyer; sa température est de 30°. Dans le liquide que contient chacun de ces fûts, l'alcoomètre enfonce uniformément jusqu'à 91°. La table indique qu'ils ont tous les trois

Digitized by Google

le même volume : 120l,4 pour 100 kilogrammes, soit 650 litres pour 540 kilogrammes, mais que la richesse réelle en alcool varie, pour chacun, en raison de la température de chaque liquide.

Pour le premier, dans lequel le thermomètre marque 0°, la richesse alcoolique réelle est de 95,9, en chiffres ronds, 96°.

Pour le second, à la température de 15°, la richesse réelle est égale au degré apparent, 91°.

Pour le troisième, à la température de 30, la richesse réelle n'est que de 85,8, soit 86°, en comptant la fraction pour une unité.

Un dernier exemple fera comprendre l'utilité de la table pour constater l'identité d'un chargement, soit en cours de transport, soit à destination.

Or, en multipliant le volume total du liquide de chaque fût par les richesses réelles respectives, on trouve que la quantité d'alcool pur à 15° est :

De 624 litres pour le premier fût ($650^l \times \frac{96}{100} = 624^l$),

de 591l,5 pour le second ($650^l \times \frac{91}{100} = 591^l,5$),

de 559l,0 pour le troisième ($650^r \times \frac{86}{180} = 559^l,0$).

Un fût de trois-six est expédié de Cette. Son poids net est de 540 kilogrammes. Le liquide marque 89° apparents à 22° de température. Son volume est de 645 litres (645l,30), et sa richesse réelle de 86°,5, soit 86°, pour 555 litres d'alcool pur à 15°.

Au point d'arrivée dans le Nord, le poids net n'a pas varié : il est toujours de 540 kilogrammes : mais l'alcoomètre marque 83° (degré apparent) et le thermomètre 0°. En se reportant à la table, on trouve que le volume d'un liquide dans lequel l'alcoomètre enfonce jusqu'à 83°, est de 116, 9 pour 100 kilogrammes, soit 631 litres (631l26) pour 540 kilogrammes, et que ce degré apparent de 83°, constaté à 0°, correspond à une richesse réelle de 88°,3, en chiffre rond, 88°. En multipliant le volume du liquide à cette température, par la richesse

Digitized by Google

réelle, on reconnaît que ce liquide contient, comme au départ, 555 litres d'alcool pur à 15° ($631^l \times \frac{88}{100} = 555^l$).

On constate ainsi qu'aucune addition ou soustraction n'a été opérée en cours de transport, le volume et la force du liquide ayant seuls varié, tandis que le poids net et la quantité d'alcool pur sont restés les mêmes qu'au départ. (Circ. du 11 août 1889, n° 295.)

La table ci-dessous donne le volume d'alcool à 15° C. contenu dans un litre de spiritueux soumis à l'essai à une température quelconque, ainsi que le volume du liquide correspondant, pour 100 kg. au degré apparent; tandis que la *table de la force réelle* donne, en volume, la richesse alcoolique que ce même spiritueux indiquerait par litre si sa température était préalablement ramenée à 15°. et aussi l'importance du changement de volume qui en résulterait, ce qui permet encore de calculer la totalité de l'alcool contenu dans un volume connu de ce spiritueux.

Ce premier exemple ayant été longuement détaillé à dessein pour bien faire saisir le maniement de ces deux tables et ce qui lesdifférencie, nous passerons plus rapidement sur le exemples suivants.

Supposons que l'alcoomètre marque 45° dans une eau-de-vie ou un flegme dont la température est de 27°; quel est le degré de cette eau-de-vie?

La table de corrections indique que le degré alcoolique de 45° à la température de 27° devient 40° à la température de 15°; c'est donc 400 centimètres cubes d'alcool absolu que contient chaque litre de cette eau-de-vie.

Supposons maintenant que l'alcoomètre marque 45° dans la même eau-de-vie dont la température est de 27°, et que l'on possède juste un hectolitre de cette eau-de-vie à ce degré et à cette température; si l'on vend son produit à tant pour cent d'alcool, quel sera ce pour cent?

En prenant la table de la force réelle, on voit que 45° alcooliques à 27° deviennent 40°,3 à 15° C., mais que l'hectolitre de spiritueux ramené à 15° de température n'occupe plus qu'un volume de 99 litres 2. Donc, au lieu d'avoir à vendre un hectolitre d'eau-de-vie à 40° comme l'aurait indiqué la table de

Digitized by Google

corrections, on n'a en réalité à vendre que 99 litres 2 d'eau-de-vie à 40°,3.

On voit l'analogie entre les deux tables, en remarquant que 1 litre d'alcool à 40° = 400 cm³ d'alcool absolu, de même que 9 litres 92 d'alcool à 40°,3 = 4 000 cm³ d'alcool pareillement.

Au lieu d'une eau-de-vie, prenons un esprit dont la force apparente soit de 85°, à la température de 4° centigrades; le nombre de 88°,9 placé à l'intersection de la colonne verticale 85° et de la ligne horizontale 4, à la table de corrections, donnera le véritable degré de l'esprit à 15°.

Et, d'autre part, la table de la force réelle nous montrera que l'alcool pour cent ne serait que de 87,9 si la totalité du spiritueux était ramenée à 15° de température, mais que, comme un hectolitre deviendrait en volume 101 litres 1, on aurait 101,1 × 0,879 = 88,9 comme ci-dessus. Lorsque la force et la température observées comprennent des décimales, voici les règles à suivre pour l'emploi de ces tables :

Pour la force : on néglige d'abord la fraction de la force apparente observée ; on cherche ensuite la force réelle correspondante au nombre entier, et au résultat on ajoute la fraction.

Pour la température : on prend le nombre entier le plus près du nombre fractionnaire observé.

EXEMPLE DE LA PREMIÈRE RÈGLE. — *L'alcoomètre indiquant* 45°4 *pour la force apparente d'une eau-de-vie à la température de* 22° *centigrades, quel est le degré réel à* 15° ?

On cherche d'abord le degré réel correspondant à 45° en négligeant la fraction 4.

On trouve qu'il est de 42°, 1 à la table de corrections.

On ajoute la fraction 0°,4 et on a pour le degré réel à 15°, 42,5.

EXEMPLE DE LA DEUXIÈME RÈGLE. — *Si la température observée est* 18°7, *on prend* 19° ; *si elle est de* 7°,3 *on prend seulement* 7°, *on opère ensuite comme si elle était effectivement de* 19° *dans le premier cas et de* 7° *dans le second.*

EXEMPLE DE L'APPLICATION DES DEUX RÈGLES. — *Le degré apparent d'un esprit à la température de* 23°,4 *étant* 86°,7, *quel est le degré réel à* 15° ?

Digitized by Google

Au lieu de 23°,4 on prend seulement 23, et au lieu de 86°,7, on prend 86 ; dans cette supposition, le degré réel de l'esprit est de 83°,1 ; mais on ajoute ensuite 0°,7 et il devient 83°,8 à 15°.

En procédant ainsi, on ne fera pas une erreur qui s'élève, en général, au delà de 1/5 de degré de l'alcoomètre, et que, par conséquent, on ne puisse négliger.

On utilise enfin dans d'autres pays un alcoomètre dit de Tralles, qui donne à 15°,56 de température la richesse alcoolique en volume des liquides spiritueux. Il diffère à peine de celui de Gay-Lussac, sauf sur la température de graduation, cette dernière étant faite exactement à 15° pour celui-ci.

L'alcoomètre de Gay-Lussac, qui donne l'alcool en volume, permet de déduire le poids de cet alcool ; il suffit pour cela de multiplier le volume trouvé par 0,794, densité de l'alcool.

Digitized by Google

Table de richesse.

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	100l,2	100l,4	100l,5	100l,7	100l,8	100l,9	101l,1	101l,2	101l,3	101l,4
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,5	7,5	8,6	9,7	10,9
1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5	1,4	2,5	3,5	4,5	5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9
6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10	1,4	2,4	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,6
11	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,5
12	1,2	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4
13	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3
14	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2
15	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
16	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9
17	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8
18	0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7
19	0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
20	0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,3	8,3	9,3
21	0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,2	6,2	7,1	8,1	9,1
22	0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7,0	7,9	8,9
23	0,1	1,1	2,1	3,1	4,0	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7
24	»	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5
25	»	0,8	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3
26	»	0,7	1,6	2,6	3,5	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1
27	»	0,5	1,5	2,4	3,3	4,3	5,2	6,1	7,0	7,9
28	»	0,3	1,3	2,2	3,1	4,1	5,0	5,9	6,8	7,7
29	»	0,1	1,1	2,0	2,9	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5
30	»	0,0	0,9	1,9	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3

(1) Ces degrés sont extraits de la table de richesse de Gay-Lussac. Ils représentent, pour chaque indication de l'alcoomètre, le nombre de litres d'alcool à la température de 15° que contiennent 100 litres de liquide spiritueux mesurés à la même température que celle à laquelle le degré apparent en est constaté.

Dans la pratique, les fractions de 5/10 et au-dessous sont négligées ; les fractions de 6/10 et au-dessus sont comptées pour un entier.

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	101l,8	101l,7	101l,8	101l,9	102l,0	102l,1	102l,2	102l,3	102l,4	102l,5
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	12,2	13,4	14,7	16,1	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,3
1	»	13,4	14,7	16,0	17,3	18,7	20,1	21,4	22,7	24,0
2	»	13,4	14,7	16,0	17,2	18,6	19,9	21,2	22,4	23,7
3	»	13,3	14,6	15,9	17,1	18,3	19,7	20,9	22,1	23,4
4	»	13,3	14,5	15,8	16,9	18,1	19,4	20,7	21,9	23,1
5	12,1	13,2	14,4	15,7	16,8	18,0	19,2	20,5	21,6	22,8
6	»	13,1	14,3	15,6	16,7	17,8	19,0	20,3	21,4	22,5
7	»	13,0	14,2	15,4	16,6	17,7	18,8	20,0	21,0	22,1
8	»	13,0	14,1	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,7	21,8
9	»	12,9	14,0	15,1	16,2	17,3	18,4	19,5	20,5	21,6
10	11,7	12,7	13,8	14,9	16,0	17,0	18,1	19,2	20,2	21,3
11	11,6	12,6	13,6	14,7	15,8	16,8	17,9	19,0	20,0	21,0
12	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,6	17,6	18,7	19,7	20,7
13	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,5	19,5	20,5
14	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
15	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
16	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7
17	10,8	11,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4
18	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	18,2	19,1
19	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17,0	17,9	18,8
20	10,3	11,2	12,2	13,1	14,0	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5
21	10,1	11,0	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17,3	18,2
22	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,0	17,9
23	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,1	15,0	15,9	16,7	17,6
24	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4
25	9,3	10,2	11,1	12,0	12,8	13,6	14,5	15,4	16,2	17,1
26	9,0	9,9	10,8	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1	15,9	16,7
27	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,1	13,9	14,8	15,6	16,4
28	8,6	9,5	10,3	11,2	12,0	12,8	13,6	14,4	15,2	16,0
29	8,4	9,2	10,1	11,0	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9	15,7
30	8,1	9,0	9,8	10,7	11,5	12,3	13,0	13,8	14,6	15,4

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	102l,6	102l,7	102l,8	103l,0	103l,1	103l,2	103l,3	103l,4	103l,5	103l,6
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	25,7	27,1	28,5	29,9	31,1	32,3	33,4	34,5	35,6	36,6
1	25,4	26,8	28,1	29,4	30,6	31,8	32,9	34,0	35,1	36,1
2	25,0	26,4	27,6	28,9	30,2	31,4	32,5	33,5	34,6	35,6
3	24,7	26,0	27,3	28,6	29,8	31,0	32,1	33,1	34,1	35,2
4	24,4	25,7	26,9	28,1	29,3	30,6	31,6	32,7	33,7	34,7
5	24,1	25,3	26,5	27,7	28,9	30,1	31,2	32,3	33,3	34,3
6	23,7	25,0	26,1	27,3	28,5	29,7	30,8	31,8	32,8	33,8
7	23,4	24,7	25,8	27,0	28,1	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3
8	23,0	24,2	25,4	26,6	27,7	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9
9	22,7	23,9	25,0	26,2	27,3	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5
10	22,4	23,5	24,6	25,8	26,9	28,0	29,1	30,1	31,1	32,1
11	22,1	23,2	24,3	25,4	26,5	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7
12	21,8	22,9	24,0	25,1	26,1	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2
13	21,5	22,6	23,7	24,7	25,7	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8
14	21,2	22,3	23,3	24,3	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4
15	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0
16	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6	27,6	28,6	29,6
17	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2
18	20,1	21,1	22,0	23,0	24,0	25,0	25,9	26,9	27,8	28,8
19	19,8	20,8	21,7	22,7	23,6	24,6	25,5	26,4	27,3	28,3
20	19,5	20,5	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,1	27,0	27,9
21	19,1	20,1	21,1	22,1	22,9	23,9	24,8	25,6	26,6	27,5
22	18,8	19,8	20,7	21,6	22,5	23,5	24,3	25,2	26,2	27,1
23	18,5	19,4	20,3	21,3	22,2	23,1	24,0	24,9	25,8	26,7
24	18,2	19,1	20,0	21,0	21,8	22,7	23,6	24,5	25,4	26,3
25	17,9	18,8	19,7	20,6	21,5	22,4	23,2	24,2	25,1	26,0
26	17,6	18,5	19,4	20,3	21,2	22,1	22,9	23,8	24,7	25,6
27	17,3	18,2	19,1	20,0	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,2
28	16,9	17,9	18,8	19,6	20,5	21,4	22,2	23,1	23,9	24,8
29	16,6	17,5	18,4	19,3	20,2	21,0	21,8	22,7	23,6	24,4
30	16,3	17,2	18,1	19,0	19,8	20,7	21,5	22,4	23,2	24,0

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	103l,8	103l,9	104l,8	104l,2	104l,3	104l,5	104l,6	104l,3	104l,9	105l,1
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°,									
0	37,6	38,6	39,6	40,6	41,5	42,5	43,5	44,4	45,4	46,4
1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,2	42,2	43,1	44,1	45,0	46,0
2	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,6	45,5
3	36,2	37,3	38,3	39,3	40,3	41,3	42,3	43,2	44,2	45,2
4	35,7	36,7	37,7	38,8	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,8
5	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,3	41,4	42,4	43,4	44,3
6	34,9	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	40,9	41,9	42,9	43,9
7	34,3	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4	43,4
8	33,9	34,9	35,9	36,9	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0	43,0
9	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6
10	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,1	42,1
11	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7
12	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,3	41,3
13	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,9
14	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4
15	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0
16	30,6	31,6	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5
17	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1
18	29,8	30,8	31,7	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6
19	29,3	30,3	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2
20	28,9	29,9	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8
21	28,5	29,5	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4
22	28,1	29,1	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	36,9
23	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,5	34,5	35,5	36,5
24	27,3	28,3	29,2	30,2	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1
25	26,9	27,9	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7
26	26,5	27,5	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3
27	26,1	27,1	27,9	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,8
28	25,7	26,6	27,5	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,4
29	25,2	26,2	27,1	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,0
30	24,9	25,8	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,6	32,6	33,6

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	185l,3	186l,5	185l,6	185l,8	186l,0	186l,2	186l,4	186l,6	186l,3	187l,1
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	47,4	48,4	49,3	50,3	51,3	52,3	53,2	54,1	55,1	56,1
1	47,0	48,0	48,9	49,9	50,8	51,8	52,8	53,7	54,7	55,7
2	46,5	47,5	48,5	49,5	50,4	51,4	52,3	53,3	54,3	55,3
3	46,2	47,1	48,1	49,0	50,0	51,0	52,0	52,9	53,9	54,8
4	45,8	46,7	47,7	48,7	49,6	50,6	51,5	52,5	53,5	54,5
5	45,3	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,1	52,1	53,1	54,0
6	44,9	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,7	52,7	53,7
7	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,3	52,3	53,2
8	44,0	45,0	46,0	47,0	47,9	48,9	49,9	50,9	51,9	52,9
9	43,6	44,6	45,6	46,6	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5
10	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52,0
11	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7
12	42,3	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,3	49,3	50,3	51,2
13	41,9	42,9	43,9	44,9	45,9	46,9	47,9	48,9	49,9	50,9
14	41,4	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4
15	41,0	42,0	43,0	44,0	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0
16	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6
17	40,1	41,1	42,1	43,1	44,1	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2
18	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8
19	39,3	40,3	41,3	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4
20	38,9	39,9	40,9	42,0	43,0	44,0	45,0	46,0	47,0	48,0
21	38,4	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,6	45,6	46,6	47,6
22	38,0	39,0	40,0	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1
23	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,7	46,7
24	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2	43,3	44,3	45,3	46,3
25	36,7	37,7	38,7	39,8	40,8	41,9	42,9	43,9	44,9	46,0
26	36,3	37,3	38,3	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,5	45,5
27	35,9	36,9	37,9	39,0	40,0	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1
28	35,4	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,7	44,7
29	35,0	36,0	37,1	38,1	39,1	40,2	41,2	42,2	43,3	44,3
30	34,6	35,6	36,6	37,7	38,7	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	107l,3	107l,5	107l,7	108l,0	108l,2	108l,5	108l,7	109l,0	109l,2	109l,5
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°									
0	57,1	58,0	59,0	59,9	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	65,8
1	56,7	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6	62,5	63,5	64,5	65,5
2	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65,1
3	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7	64,7
4	55,5	56,5	57,4	58,4	59,4	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3
5	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	60,9	61,9	62,9	63,9
6	54,7	55,6	56,6	57,5	58,5	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5
7	54,2	55,2	56,2	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1	62,1	63,1
8	53,9	54,9	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8
9	53,5	54,5	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,4	62,4
10	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0
11	52,7	53,7	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6
12	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2
13	51,9	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8
14	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4
15	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0
16	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6
17	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2
18	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8
19	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4
20	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0
21	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6
22	48,1	49,1	50,1	51,1	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2
23	47,7	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8
24	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4
25	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0
26	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,6
27	46,1	47,1	48,1	49,1	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2
28	45,7	46,7	47,7	48,7	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8
29	45,3	46,3	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4
30	44,9	45,9	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	54,0

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	109l,8	110l,8	110l,3	110l,8	119l,8	111l,2	111l,5	111l,8	112l,1	112l,4
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7
1	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3
2	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71,0	71,9	72,9	73,9	74,9
3	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,5
4	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	73,2	74,1
5	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8
6	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,4
7	64,1	65,1	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71,1	72,0	73,0
8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,7	68,7	69,7°	70,6	71,6	72,6
9	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3
10	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9
11	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6
12	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2
13	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8
14	61,4	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4
15	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0
16	60,6	61,6	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6
17	60,2	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2
18	59,8	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8
19	59,4	60,4	61,4	62,5	63,5	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5
20	59,9	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,1	66,1	67,1	68,1
21	58,6	59,6	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7
22	58,2	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3
23	57,8	58,8	59,8	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	65,9	66,9
24	57,4	58,4	59,4	60,5	61,5	62,5	63,5	64,5	65,5	66,5
25	57,0	58,0	59,0	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1	65,1	66,1
26	56,6	57,6	58,6	59,6	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7
27	56,2	57,2	58,3	59,3	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3
28	55,8	56,8	57,8	58,8	59,9	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9
29	55,4	56,4	57,4	58,5	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,5
30	55,0	56,0	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	112l,7	113l,0	113l,3	113l,7	114l,0	114l,3	114l,7	115l,0	115l,4	115l,8
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6	83,6	84,5	85,5
1	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2	83,2	84,2	85,1
2	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	83,8	84,7
3	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,4	84,4
4	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1	82,1	83,0	84,0
5	74,8	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7
6	74,4	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,3
7	74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	82,9
8	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6
9	73,3	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2
10	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9
11	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5
12	72,2	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1
13	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,8
14	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4
15	71,0	72,0	73,0	74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0
16	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6
17	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2
18	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9
19	69,5	70,5	71,5	72,5	73,5	75,5	75,5	76,5	77,5	78,5
20	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1
21	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	77,8
22	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,4	76,4	77,4
23	67,9	68,9	70,0	71,0	72,0	73,0	74,0	75,0	76,0	77,0
24	67,5	68,5	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6
25	67,1	68,1	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,3	76,3
26	66,7	67,7	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9
27	66,3	67,3	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5
28	66,0	67,0	68,0	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1
29	65,6	66,6	67,7	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7
30	65,2	66,2	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	118l,2	118l,5	118l,9	117l,3	117l,7	118l,1	118l,6	119l,8	119l,5	119l,9
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	86,4	87,4	88,3	89,2	90,2	91,2	92,2	93,1	94,0	95,0
1	86,1	87,0	86,0	89,0	89,9	90,8	91,8	92,8	93,7	94,6
2	85,7	86,6	87,6	88,6	89,6	90,5	91,5	92,4	93,4	94,3
3	85,3	86,3	87,3	88,3	89,2	90,2	91,2	92,1	93,0	94,0
4	85,0	86,0	87,0	88,0	88,9	89,9	90,8	91,8	92,7	93,7
5	84,7	85,6	86,6	87,6	88,5	89,5	90,5	91,4	92,4	93,3
6	84,3	85,3	86,3	87,3	88,2	89,2	90,1	91,0	92,0	93,0
7	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,7	92,6
8	83,6	84,6	85,6	86,5	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,3
9	83,2	84,2	85,2	86,2	87,1	88,1	89,1	90,0	91,0	92,0
10	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,7	89,7	90,7	91,7
11	82,5	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,4	89,4	90,4	91,4
12	82,1	83,1	84,1	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0
13	81,8	82,8	83,8	84,8	85,7	86,7	87,7	88,7	89,7	90,7
14	81,4	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,3	89,3	90,3
15	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0
16	80,6	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6	89,6
17	80,2	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,3
18	79,9	80,9	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,9
19	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6
20	79,1	80,1	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2
21	78,7	79,7	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,9	86,9	87,9
22	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4	83,4	84,4	85,5	86,5	87,6
23	78,0	79,0	80,1	81,1	82,1	83,1	84,1	85,1	86,1	87,2
24	77,6	78,6	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7	85,7	86,8
25	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,4	84,4	85,4	86,5
26	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	84,0	85,0	86,1
27	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,7	85,7
28	76,1	77,1	78,2	79,2	80,2	81,3	82,3	83,3	84,3	85,4
29	75,7	76,8	77,8	78,8	79,8	80,9	81,9	83,0	84,0	85,0
30	75,3	76,4	77,4	78,4	79,4	80,5	81,5	82,6	83,6	84,7

Digitized by Google

DEGRÉS du THERMOMÈTRE	DEGRÉS APPARENTS A L'ALCOOMÈTRE									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
	Volume du liquide correspondant, pour 100 kilogrammes, au degré apparent.									
	120l,4	120l,9	121l,4	122l,0	122l,5	123l,1	123l,6	124l,5	125l,2	
	Degrés corrigés en raison de la température ou richesse en alcool à 15°.									
0	95,9	96,8	97,7	98,6	99,5	100,3	101,2	»	»	»
1	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2	100,0	100,9	»	»	»
2	95,2	96,1	97,0	97,9	98,9	99,8	100,7	»	»	»
3	94,9	95,8	96,7	97,7	98,6	99,5	100,4	»	»	»
4	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2	100,1	101,0	»	»
5	94,3	95,2	96,2	97,1	98,0	98,9	99,8	100,7	»	»
6	93,9	94,9	95,9	96,8	97,7	98,7	99,6	100,5	»	»
7	93,6	94,6	95,6	96,5	97,4	98,4	99,3	100,2	»	»
8	93,3	94,3	95,3	96,2	97,1	98,1	99,0	99,9	»	»
9	93,0	94,0	95,0	95,9	96,8	97,8	98,7	99,7	100,0	»
10	92,7	93,7	94,7	95,6	96,5	97,5	98,5	99,4	100,4	»
11	92,4	93,3	94,3	95,3	96,2	97,2	98,2	99,1	100,1	»
12	92,0	93,0	94,0	95,0	95,9	96,9	97,9	98,8	99,8	»
13	91,7	92,7	93,7	94,6	95,6	96,6	97,6	98,6	99,5	»
14	91,3	92,3	93,3	94,3	95,3	96,3	97,3	98,3	99,3	»
15	91,0	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0	98,0	99,0	100,0
16	90,7	91,7	92,7	93,7	94,7	95,7	96,7	97,7	98,7	99,7
17	90,3	91,3	92,4	93,4	94,4	95,4	96,4	97,4	98,5	99,5
18	89,9	91,0	92,0	93,0	94,0	95,1	96,1	97,1	98,2	99,2
19	89,6	90,7	91,7	92,7	93,7	94,8	95,8	96,9	97,9	98,9
20	89,2	90,3	91,3	92,4	93,4	94,5	95,5	96,6	97,6	98,6
21	88,9	90,0	91,0	92,0	93,1	94,1	95,2	96,3	97,3	98,4
22	88,6	89,6	90,7	91,8	92,8	93,9	94,9	96,0	97,0	98,1
23	88,3	89,3	90,4	91,4	92,4	93,5	94,6	95,7	96,7	97,8
24	87,9	88,9	90,0	91,1	92,1	93,2	94,3	95,3	96,4	97,5
25	87,5	88,6	89,7	90,7	91,8	92.9	93,9	95,0	96,1	97,2
26	87,2	88,2	89,3	90,4	91,5	92,5	93,6	94,7	95,8	97,0
27	86,8	87,9	89,0	90,0	91,1	92,2	93,3	94,4	95,5	96,7
28	86,5	87,5	88,6	89,7	90,8	91,9	93,0	94,1	95,2	96,4
29	86,1	87,2	88,2	89,3	90,4	91,6	92,7	93,8	94,9	96,1
30	85,8	86,9	87,9	89,0	90,1	91,2	92,4	93,5	94,6	95,8

Digitized by Google

Dans la détermination de la valeur d'un alcool ou d'un mélange alcoolique, il n'a été question jusqu'ici que de la recherche de la teneur en alcool ; nous avons négligé, comme cela se fait le plus souvent en pratique, de parler de la correction du volume, qui dépend également de la température. Cette manière de procéder est d'autant plus condamnable que la réduction de la force réelle apporte souvent des changements moins importants à la force apparente que ne le ferait celle du volume. L'opinion très répandue que les erreurs se compensent les unes les autres avec les années n'est nullement conforme à la réalité des faits.

Pour tenir compte de l'influence des différentes températures sur le volume, il faut employer un procédé qui permette de déterminer : quel est le volume V*n* auquel correspond le volume V observé ou mesuré à une température quelconque pour un alcool d'une force donnée, quand on ramène ce liquide à la température normale (en le chauffant ou le refroidissant suivant les besoins). Et d'autres termes, le *volume vrai* V*n* d'un esprit doit être déterminé par le calcul au moyen du *volume apparent* V qu'il a à une température autre que la température normale.

La pratique exige donc ici encore une table qui indique pour les différents degrés de force et de température, les chiffres avec lesquels il faut multiplier dans chaque cas particulier le nombre de litres mesurés à une température quelconque, c'est-à-dire le volume apparent, pour trouver le nombre de litres qu'occuperait le liquide si on le ramenait à la température normale (par réchauffement ou par refroidissement), ce qui est d'ailleurs indispensable pour le mesurer. Cette correction est pour les volumes ce que celle de la table des richesses est pour la force, qui y est indiquée telle qu'elle serait si le liquide était ramené à la température normale ; mais dans cette table on ne s'est pas préoccupé du changement de volume. La table de la *force réelle* vient combler cette lacune.

Digitized by Google

Table donnant le degré alcoolique, le poids apparent du litre et le volume du kilo apparent des liquides, pesés dans l'air et à la température de 15°.

Degré alcoolique	Poids apparent du litre	Volume du kilo	Degré alcoolique	Poids apparent du litre	Volume du kilo
	gr.	cc.		gr.	cc.
0	998.08	1001.9	43	945.16	1058.01
1	996.52	1003.4	44	943.46	1059.93
2	995.03	1005.0	45	941.72	1061.87
3	893.60	1006.4	46	939.95	1063.88
4	992.21	1007.8	47	938.14	1065 93
5	990.85	1009.2	48	936.29	1068.04
6	989.53	1010.5	49	934.41	1070.18
7	988.24	1011.8	50	932.49	1072.39
8	986.99	1013.1	51	930.56	1074.64
9	985.78	1014.4	52	928.53	1076.9
10	984.61	1015.6	53	926.50	1079.3
11	983.46	1016.8	54	924.43	1081.7
12	982.33	1017.9	55	922.33	1084.2
13	981.23	1019.1	56	920.22	1086.6
14	980.15	1020.2	57	918.10	1089.2
15	979.09	1021.3	58	915.97	1091.7
16	978 04	1022.4	59	913.82	1094.2
17	977.01	1023.5	60	911.65	1096.9
18	975.99	1024.5	61	909.44	1099.5
19	974.97	1025.6	62	907.21	1102.2
20	973.96	1026.7	63	904.96	1105.0
21	972.96	1027.7	64	902.68	1107.8
22	971.96	1028.8	65	900.38	1110.6
23	970.95	1029.9	66	898.06	1113.5
24	969.95	1030.9	67	896.70	1116 4
25	968.94	1032.0	68	893.31	1119.5
26	967.91	1033.15	69	890.89	1122.4
27	966.86	1034.27	70	888.44	1125.5
28	965.79	1035.41	71	885.96	1128.7
29	964.69	1036.59	72	883.47	1131.9
30	963.55	1037.82	73	880.94	1135.1
31	962.38	1039.08	74	878.38	1138.4
32	961.17	1040.39	75	875.79	1141.8
33	959.93	1041.73	76	873.16	1145.2
34	958.65	1043.12	77	870.50	1148.7
35	957.33	1044.56	78	867.82	1152.3
36	955.96	1046.05	79	865.09	1154.8
37	954.56	1047.60	80	862.33	1159.6
38	953.10	1049.20	81	859.54	1163.4
39	951.61	1050.84	82	856.71	1167.2
40	950.07	1052.55	83	853.85	1171.1
41	948.47	1054.32	84	850.93	1175.1
42	946.83	1056.14	85	847.97	1179 2

Digitized by Google

Mouillage de l'alcool.

Lorsque, avec une quantité donnée d'un alcool, on veut, par le mélange avec de l'eau, obtenir un alcool plus faible, on pourrait dans chaque cas trouver par le simple calcul la quantité d'eau nécessaire s'il ne se produisait pas une contraction dans le mélange. Pour éviter les calculs assez nombreux qui en résultent, on se sert de la *table de mouillage*, page 157, pour trouver le volume d'eau à ajouter. Cette table est très étendue et une explication en serait superflue. Les volumes et les forces alcooliques sont pris à la température normale.

Pour chercher la quantité d'eau x à ajouter à 100 volumes d'alcool de densité D (ou titre v) pour l'amener à la densité D′ (ou titre v') et obtenir un volume V on a la formule.

$$x = 100 \left(D' \frac{v}{v'} - D\right) \quad x = VD' - 100\,D$$

De ces formules on déduit les suivantes :

$$D = \frac{100\,D' \frac{v}{v'} - x}{100} = \frac{VD' - x}{100}$$

$$D' = \frac{v'}{v}\left(\frac{x}{100} + 100\,D\right) = \frac{100\,D + x}{V}$$

$$v = \frac{v'x + 100\,D}{100\,D'} \qquad V = \frac{100\,D + x}{D'}$$

$$v' = \frac{100\,(D'v - D)}{x}$$

Digitized by Google

Table des mouillages de l'alcool

Degré à obtenir.	Degrés de l'alcool qu'on veut réduire.									
	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
26	293,5	289,3	285,1	281,0	276,8	272,7	268,6	264,5	260,4	256,4
27	279,4	275,3	271,2	267,2	263,2	259,2	255,3	251,3	247,4	244,5
28	266,2	262,2	258,3	254,4	250,5	246,7	242,9	239,0	235,2	231,4
29	253,8	250,0	246,2	242,5	238,7	235,0	231,3	227,6	223,9	220,2
30	242,4	238,7	235,0	231,3	227,7	224,1	220,5	216,9	213,4	209,8
31	231,6	228,0	224,4	220,9	217,4	213,9	210,4	206,9	203,5	200,0
32	221,5	218,0	214,5	211,1	207,7	204,3	200,9	197,5	194,2	190,8
33	212,0	208,6	205,2	201,9	198,5	195,2	192,0	188,7	185,4	182,2
34	203,0	199,7	196,4	193,2	189,9	186,7	183,5	180,4	177,2	174,0
35	194,6	191,4	188,2	185,0	181,8	178,7	175,6	172,5	169,4	166,3
36	186,6	183,5	180,3	177,3	174,2	171,1	168,1	165,1	162,1	159,1
37	179,1	176,0	172,9	169,9	166,9	163,9	161,0	158,0	155,1	152,2
38	171,9	168,9	165,9	162,9	160,0	157,1	154,2	151,4	148,5	145,6
39	165,0	162,1	159,2	156,3	153,5	150,6	147,8	145,0	142,2	139,4
40	158,5	155,6	152,8	150,0	147,2	144,4	141,7	139,0	136,2	133,5
41	152,3	149,5	146,7	144,0	141,3	138,5	135,9	133,2	130,5	127,9
42	146,4	143,7	141,0	138,3	135,6	132,9	130,3	127,7	125,1	122,5
43	140,8	138,1	135,4	132,8	130,2	127,6	125,0	122,4	119,9	117,3
44	135,4	132,7	130,1	127,5	125,0	122,4	119,9	117,4	114,9	112,4
45	130,2	127,6	125,1	122,5	120,0	117,5	115,1	112,6	110,2	107,7
46	125,3	122,7	120,2	117,7	115,3	112,8	110,4	108,8	105,6	103,2
47	120,5	118,0	115,6	113,1	110,7	108,3	106,0	103,6	101,3	98,9
48	116,0	113,6	111,1	108,7	106,4	104,0	101,7	99,4	97,1	94,8
49	111,6	109,2	106,8	104,5	102,2	99,9	97,6	95,3	93,1	90,8
50	107,4	105,0	102,7	100,4	98,1	95,9	93,6	91,4	89,2	87,0
51	103,3	101,0	98,7	96,5	94,2	92,0	89,8	87,6	85,5	83,3
52	99,4	97,2	94,9	92,7	90,5	88,3	86,2	84,0	81,9	79,7
53	95,7	93,4	91,2	89,1	86,9	84,8	82,6	80,5	78,4	76,3
54	92,1	89,9	87,7	85,6	83,4	81,3	79,2	77,2	75,1	73,0
55	88,6	86,4	84,3	82,8	80,1	78,0	76,0	73,9	71,9	69,9
56	85,2	83,1	81,0	78,9	76,8	74,8	72,8	70,8	68,8	66,8
57	81,9	79,8	77,8	75,7	73,7	71,7	69,7	67,7	65,8	63,8
58	78,8	76,7	74,7	72,7	70,7	68,7	66,7	64,8	62,9	60,9
59	75,7	73,7	71,7	69,7	67,7	65,8	63,9	62,0	60,1	58,2
60	72,8	70,8	68,8	66,8	64,9	63,0	61,1	59,2	57,3	55,5
61	69,9	67,9	66,0	64,1	62,2	60,3	58,4	56,6	54,7	52,9
62	67,2	65,2	63,3	61,4	59,5	57,6	55,8	54,0	52,2	50,4
63	64,5	62,5	60,6	58,8	56,9	55,1	53,3	51,5	49,7	47,9
64	61,9	60,0	58,1	56,2	54,4	52,6	50,8	49,0	47,3	45,5
65	59,3	57,4	55,6	53,8	52,0	50,2	48,4	46,7	45,0	43,2
66	56,9	55,0	53,2	51,4	49,6	47,9	46,1	44,4	42,7	41,0
67	54,5	52,6	50,8	49,1	47,3	45,6	43,9	42,2	40,5	38,8
68	52,1	50,3	48,6	46,8	45,1	43,4	41,7	40,0	38,4	36,7
69	49,9	48,1	46,4	44,6	42,9	41,2	39,6	37,9	36,3	34,6
70	47,7	45,9	44,2	42,5	40,8	39,1	37,5	35,9	34,3	32,6
71	45,5	43,8	42,1	40,4	38,7	37,1	35,5	33,9	32,3	30,7
72	43,5	41,7	40,1	38,4	36,7	35,1	33,5	32,0	30,4	28,8
73	41,4	39,7	38,1	36,4	34,8	33,2	31,6	30,1	28,5	26,9
74	39,5	37,8	36,1	34,5	32,9	31,3	29,8	28,2	26,7	25,1
75	37,5	35,8	34,2	32,6	31,0	29,5	27,9	26,4	24,9	23,4

Digitized by Google

Degré obtenir.	Degrés de l'alcool qu'on veut réduire.									
	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
26	253,3	248,2	244,2	238,1	236,1	232,1	228,1	224,0	220,0	216,0
27	239,6	235,6	231,7	227,8	223,9	220,0	216,1	212,3	208,4	204,5
28	227,7	223,9	220,1	216,3	212,6	208,8	205,1	201,3	197,6	193,8
29	216,6	212,9	209,3	205,6	202,0	198,3	194,7	191,1	187,5	183,9
30	206,3	202,7	199,2	195,6	192,1	188,6	185,1	181,6	178,1	174,6
31	196,6	193,1	189,7	186,3	182,9	179,4	176,0	172,6	169,2	165,8
32	187,5	184,1	180,8	177,5	174,2	170,9	167,6	164,3	161,0	157,7
33	178,9	175,7	172,4	169,2	166,0	162,8	159,6	156,4	153,2	150,0
34	170,9	167,7	164,6	161,4	158,3	155,2	152,0	148,9	145,8	142,7
35	163,3	160,2	157,1	154,1	151,0	148,0	144,9	141,9	138,9	135,9
36	156,1	153,1	150,1	147,1	144,2	141,2	138,2	135,3	132,4	129,4
37	149,3	146,3	143,4	140,5	137,7	134,8	131,9	129,0	126,1	123,3
38	142,8	139,9	137,1	134,3	131,5	128,7	125,8	123,0	120,3	117,5
39	136,6	133,9	131,1	128,3	125,6	122,9	120,1	117,4	114,7	111,9
40	130,8	128,1	125,4	122,7	120,0	117,3	114,6	112,0	109,3	106,7
41	125,2	122,6	119,9	117,3	114,7	112,1	109,4	106,8	104,2	101,6
42	119,9	117,3	114,7	112,2	109,6	107,0	104,5	101,9	99,4	96,9
43	114,8	112,3	109,8	107,2	104,7	102,2	99,7	97,2	94,8	92,3
44	109,9	107,5	105,0	102,5	100,1	97,6	95,2	92,8	90,3	87,9
45	105,3	102,9	100,5	98,0	95,7	93,3	90,9	88,5	86,1	83,7
46	100,9	98,5	96,1	93,7	91,4	89,1	86,7	84,4	82,0	79,7
47	96,6	94,3	91,9	89,6	87,3	85,0	82,7	80,4	78,2	75,9
48	92,5	90,2	87,9	85,7	83,4	81,2	78,9	76,7	74,4	72,2
49	88,6	86,3	84,1	81,9	79,7	77,4	75,2	73,0	70,8	68,6
50	84,8	82,6	80,4	78,2	76,0	73,9	71,7	69,5	67,4	65,2
51	81,1	79,0	76,8	74,7	72,6	70,4	68,3	66,2	64,1	62,0
52	77,6	75,5	73,4	71,3	69,2	67,1	65,0	62,9	60,9	58,8
53	74,2	72,2	70,1	68,0	66,0	63,9	61,9	59,8	57,8	55,8
54	71,0	68,9	66,9	64,9	62,9	60,9	58,8	56,8	54,8	52,8
55	67,8	65,8	63,8	61,8	59,9	57,9	55,9	53,9	52,0	50,0
56	64,8	62,8	60,9	58,9	56,9	55,0	53,1	51,1	49,2	47,3
57	61,9	59,9	58,0	56,1	54,1	52,2	50,3	48,4	46,5	44,6
58	59,0	57,1	55,2	53,3	51,4	49,5	47,7	45,8	43,9	42,1
59	56,3	54,4	52,5	50,7	48,8	47,0	45,1	43,3	41,4	39,6
60	53,6	51,8	49,9	48,1	46,3	44,4	42,6	40,8	39,0	37,2
61	51,0	49,2	47,4	45,6	43,8	42,0	40,2	38,4	36,7	34,9
62	48,6	46,8	45,0	43,2	41,4	39,7	37,9	36,1	34,4	32,6
63	46,1	44,4	42,6	40,8	39,1	37,4	35,6	33,9	32,2	30,5
64	43,8	42,0	40,3	38,6	36,9	35,2	33,4	31,7	30,0	28,4
65	41,5	39,8	38,1	36,4	34,7	33,0	31,3	29,6	28,0	26,3
66	39,3	37,6	35,9	34,2	32,6	30,9	29,2	27,6	26,0	24,3
67	37,1	35,5	33,8	32,2	30,5	28,9	27,2	25,6	24,0	22,4
68	35,0	33,4	31,8	30,1	28,5	26,9	25,3	23,7	22,1	20,5
69	33,0	31,4	29,8	28,2	26,6	25,0	23,4	21,8	20,2	18,7
70	31,0	29,4	27,8	26,2	24,7	23,1	21,5	20,0	18,4	16,9
71	29,1	27,5	26,0	24,4	22,8	21,3	19,7	18,2	16,7	15,1
72	27,2	25,7	24,1	22,6	21,1	19,5	18,0	16,5	15,0	13,5
73	25,4	23,9	22,3	20,8	19,3	17,8	16,3	14,8	13,3	11,8
74	23,6	22,1	20,6	19,1	17,6	16,1	14,6	13,1	11,7	10,2
75	21,9	20,4	18,9	17,4	15,9	14,5	13,0	11,5	10,1	8,6

Digitized by Google

Degré à obtenir.	Degrés de l'alcool qu'on veut réduire.									
	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
26	212,0	208,0	204,0	200,0	196,0	192,0	188,0	184,0	180,1	176,1
27	200,7	196,8	192,9	189,1	185,2	181,4	177,5	173,7	169,8	166,0
28	190,1	186,4	182,6	178,9	175,2	171,5	167,8	164,0	160,3	156,6
29	180,3	176,7	173,1	169,4	165,8	162,3	158,7	155,1	151,5	147,9
30	171,1	167,6	164,1	160,6	157,1	153,6	150,2	146,7	143,2	139,7
31	162,5	159,1	155,7	152,3	148,9	145,6	142,2	138,8	135,5	132,1
32	154,4	151,1	147,8	144,5	141,3	138,0	134,7	131,5	128,2	124,9
33	146,8	143,6	140,4	137,2	134,0	130,9	127,7	124,5	121,3	118,2
34	139,6	136,5	133,4	130,3	127,2	124,1	121,1	118,0	114,9	111,8
35	132,8	129,9	126,8	123,8	120,8	117,8	114,8	111,8	108,8	105,8
36	126,5	123,6	120,6	117,7	114,8	111,8	108,9	106,0	103,1	100,2
37	120,4	117,6	114,7	111,9	109,0	106,2	103,3	100,5	97,6	94,8
38	114,7	111,9	109,1	106,3	103,5	100,8	98,0	95,2	92,4	89,7
39	109,2	106,5	103,8	101,1	98,3	95,6	92,9	90,2	87,5	84,8
40	104,0	101,4	98,7	96,0	93,4	90,8	88,1	85,5	82,8	80,2
41	99,0	96,5	93,9	91,3	88,7	86,1	83,5	81,0	78,4	75,8
42	94,3	91,8	89,3	86,7	84,2	81,7	79,2	76,6	74,1	71,6
43	89,8	87,3	84,8	82,4	79,9	77,4	75,0	72,5	70,1	67,6
44	85,5	83,1	80,6	78,2	75,8	73,4	71,0	68,6	66,2	63,8
45	81,3	79,0	76,6	74,2	71,9	69,5	67,2	64,8	62,5	60,1
46	77,4	75,1	72,8	70,4	68,1	65,8	63,5	61,2	58,9	56,6
47	73,6	71,3	69,1	66,8	64,5	62,3	60,0	57,7	55,5	53,2
48	70,0	67,8	65,5	63,3	61,1	58,9	56,6	54,4	52,2	50,0
49	66,5	64,3	62,1	59,9	57,7	55,6	53,4	51,2	49,1	46,9
50	63,1	61,0	58,8	56,7	54,5	52,4	50,3	48,2	46,0	43,9
51	59,8	57,8	55,7	53,6	51,5	49,4	47,3	45,2	43,1	41,0
52	56,7	54,7	52,6	50,6	48,5	46,4	44,4	42,3	40,3	38,3
53	53,7	51,7	49,7	47,7	45,6	43,6	41,6	39,6	37,6	35,6
54	50,8	48,9	46,9	44,9	42,9	40,9	38,9	37,0	35,0	33,0
55	48,0	46,1	44,1	42,2	40,2	38,3	36,4	34,4	32,5	30,6
56	45,3	43,4	41,5	39,6	37,7	35,8	33,9	32,0	30,1	28,2
57	42,7	40,9	39,0	37,1	35,2	33,3	31,4	29,6	27,7	25,8
58	40,2	38,4	36,5	34,6	32,8	31,0	29,1	27,3	25,4	23,6
59	37,8	36,0	34,1	32,3	30,5	28,7	26,8	25,0	23,2	21,4
60	35,4	33,6	31,8	30,0	28,2	26,4	24,7	22,9	21,1	19,3
61	33,1	31,4	29,6	27,8	26,1	24,3	22,5	20,8	19,1	17,4
62	30,9	29,2	27,4	25,7	24,0	22,2	20,5	18,8	17,1	15,3
63	28,7	27,1	25,3	23,6	21,9	20,2	18,5	16,8	15,1	13,4
64	26,7	25,0	23,3	21,6	19,9	18,3	16,6	14,9	13,2	11,6
65	24,6	23,0	21,3	19,7	18,0	16,4	14,7	13,1	11,4	9,8
66	22,7	21,0	19,4	17,8	16,1	14,5	12,9	11,3	9,6	8,0
67	20,8	19,2	17,5	15,9	14,3	12,7	11,1	9,5	7,9	6,3
68	18,9	17,3	15,7	14,1	12,5	11,0	9,4	7,8	6,3	4,7
69	17,1	15,5	14,0	12,4	10,8	9,3	7,7	6,2	4,6	3,1
70	15,3	13,8	12,2	10,7	9,2	7,6	6,1	4,6	3,0	1,5
71	13,6	12,1	10,6	9,0	7,5	6,0	4,5	3,0	1,5	
72	11,9	10,5	8,9	7,4	6,0	4,5	3,0	1,5		
73	10,3	8,9	7,4	5,9	4,4	2,9	1,5			
74	8,7	7,3	5,8	4,4	2,9	1,5				
75	7,2	5,8	4,3	2,9	1,4					
						1,4	1,4	1,4	1,4	79
							2,8	2,8	2,8	78
								4,3	4,2	77
									5,7	76
						77 %	78 %	79 %	80 %	Mélange.

Digitized by Google

Degré à obtenir.	Degrés de l'alcool qu'on veut réduire.									
	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
26	172,1	168,1	164,2	160,2	156,2	152,2	148,3	144,3	140,4	136,4
27	162,2	158,3	154,5	150,7	146,8	143,0	139,2	135,4	131,6	127,8
28	153,9	149,2	145,5	141,8	138,1	134,4	130,8	127,1	123,4	119,7
29	144,3	140,7	137,2	133,6	130,0	126,4	122,9	119,3	115,8	112,2
30	136,3	132,8	129,4	125,9	122,4	119,0	115,5	112,1	108,6	105,2
31	128,7	125,4	122,0	118,7	115,3	112,1	108,6	105,3	102,0	98,6
32	121,7	118,4	115,2	111,9	108,7	105,4	102,2	98,9	95,7	92,5
33	115,0	111,8	108,7	105,5	102,4	99,2	96,1	92,9	89,8	86,7
34	108,8	105,7	102,6	99,5	96,5	93,4	90,4	87,3	84,3	81,2
35	102,8	99,8	96,9	93,9	90,9	87,9	85,0	82,0	79,0	76,0
36	97,3	94,3	91,4	88,5	85,6	82,7	79,9	77,0	74,1	71,1
37	92,0	89,1	86,3	83,5	80,6	77,8	75,0	72,2	69,4	66,6
38	86,9	84,2	81,4	78,7	75,9	73,2	70,4	67,7	64,9	62,2
39	82,1	79,4	76,8	74,1	71,4	68,7	66,0	63,4	60,7	58,0
40	77,6	75,0	72,3	69,7	67,1	64,5	61,9	59,3	56,6	54,0
41	73,2	70,7	68,1	65,6	63,0	60,5	57,9	55,4	52,8	50,3
42	69,1	66,6	64,1	61,6	59,1	56,6	54,1	51,6	49,1	46,7
43	65,2	62,6	60,3	57,8	55,4	52,9	50,5	48,1	45,6	43,2
44	61,4	59,0	56,6	54,2	51,8	49,4	47,0	44,7	42,3	39,9
45	57,8	55,4	53,1	50,7	48,4	46,1	43,8	41,4	39,1	36,8
46	54,3	52,0	49,7	47,4	45,1	42,9	40,6	38,3	36,0	33,8
47	51,0	48,7	46,5	44,3	42,0	39,8	37,6	35,3	33,1	30,9
48	47,8	45,6	43,4	41,2	39,0	36,8	34,6	32,5	30,3	28,1
49	44,7	42,6	40,4	38,3	36,1	34,0	31,8	29,7	27,6	25,4
50	41,8	39,7	37,6	35,5	33,4	31,3	29,2	27,1	25,0	22,9
51	39,0	36,9	34,8	32,7	30,7	28,6	26,6	24,5	22,4	20,4
52	36,2	34,2	32,2	30,1	28,1	26,1	24,1	22,0	20,0	18,0
53	33,6	31,6	29,6	27,6	25,6	23,6	21,7	19,7	17,7	15,7
54	31,1	29,1	27,2	25,2	23,2	21,3	19,3	17,4	15,5	13,5
55	28,6	26,7	24,8	22,9	20,9	19,0	17,1	15,2	13,3	11,4
56	26,3	24,4	22,5	20,6	18,7	16,8	14,9	13,1	11,1	9,3
57	24,0	22,1	20,3	18,4	16,6	14,7	12,9	11,0	9,2	7,3
58	21,8	19,9	18,1	16,3	14,5	12,6	10,8	9,0	7,2	5,4
59	19,6	17,8	16,0	14,2	12,5	10,7	8,9	7,1	5,3	3,5
60	17,6	15,8	14,0	12,3	10,5	8,7	7,0	5,2	3,5	1,7
61	15,6	13,8	12,1	10,4	8,6	6,9	5,2	3,4	1,7	
62	13,6	11,9	10,2	8,5	6,8	5,1	3,4	1,7		89
63	11,7	10,1	8,4	6,7	5,0	3,3	1,7		1,3	88
64	9,9	8,3	6,6	4,9	3,3	1,6		1,3	2,6	87
65	8,1	6,5	4,9	3,2	1,6		1,3	2,5	3,9	86
66	6,4	4,8	3,2	1,6		1,3	2,6	3,9	5,2	85
67	4,8	3,2	1,6		1,3	2,6	3,9	5,3	6,6	84
68	3,1	1,6		1,3	2,7	4,0	5,3	6,7	8,0	83
69	1,5		1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,1	9,4	82
		1,3	2,7	4,0	5,4	6,8	8,1	9,5	10,9	81
1,4	2,7	4,1	5,5	6,8	8,2	9,6	11,0	12,4	13,8	80
2,7	4,1	5,5	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3	79
4,2	5,6	7,0	8,4	9,8	11,2	12,6	14,0	15,5	16,9	78
5,6	7,0	8,4	9,9	11,3	12,7	14,2	15,6	17,1	18,5	77
7,1	8,5	10,0	11,4	12,9	14,3	15,8	17,2	18,7	20,2	76
81 %	82 %	83 %	84 %	85 %	86 %	87 %	88 %	89 %	90 %	Mélange.

Digitized by Google

Degré obtenir.	Degrés de l'alcool qu'on veut réduire.									
	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
26	132,5	128,5	124,6	120,6	116,7	112,7	108,8	104,9	100,9	97,0
27	123,9	120,1	116,3	112,5	108,7	104,9	101,1	97,3	93,6	89,8
28	116,0	112,3	108,7	105,0	101,3	97,7	94,0	90,3	86,7	83,0
29	108,6	105,1	101,5	98,0	94,4	90,9	87,4	83,8	80,3	76,8
30	101,8	98,3	94,9	91,4	88,0	84,6	81,2	77,7	74,3	70,9
31	95,3	92,0	88,6	85,3	82,0	78,7	75,3	72,0	68,7	65,4
32	89,2	86,0	82,8	79,6	76,3	73,1	69,9	66,7	63,5	60,3
33	83,5	80,4	77,3	74,1	71,0	67,9	64,8	61,6	58,5	55,4
34	78,2	75,1	72,1	69,0	66,0	63,0	59,9	56,9	53,9	50,8
35	73,1	70,1	67,2	64,2	61,3	58,3	55,4	52,4	49,5	46,5
36	68,3	65,4	62,5	59,7	56,8	53,9	51,1	48,2	45,3	42,5
37	63,8	61,0	58,2	55,4	52,6	49,8	47,0	44,2	41,4	38,6
38	59,5	56,7	54,0	51,3	48,5	45,8	43,1	40,4	37,7	34,9
39	55,4	52,7	50,0	47,4	44,7	42,0	39,4	36,8	34,1	31,5
40	51,5	48,8	46,2	43,7	41,1	38,5	35,9	33,3	30,7	28,1
41	47,7	45,2	42,7	40,1	37,6	35,1	32,5	30,0	27,5	25,0
42	44,2	41,7	39,2	36,8	34,3	31,8	29,3	26,9	24,4	22,0
43	40,8	38,4	36,0	33,5	31,1	28,7	26,3	23,9	21,5	19,1
44	37,6	35,2	32,8	30,4	28,1	25,7	23,4	21,0	18,7	16,3
45	34,5	32,1	29,8	27,5	25,2	22,9	20,6	18,3	16,0	13,7
46	31,5	29,2	27,0	24,7	22,4	20,2	17,9	15,7	13,4	11,2
47	28,7	26,4	24,2	22,0	19,8	17,6	15,4	13,2	11,0	8,8
48	23,9	23,7	21,6	19,4	17,2	15,1	12,9	10,8	8,6	6,4
49	23,3	21,2	19,0	16,9	14,8	12,7	10,5	8,4	6,3	4,2
50	20,8	18,7	16,6	14,5	12,4	10,4	8,3	6,2	4,1	2,1
51	18,3	16,3	14,2	12,2	10,2	8,1	6,1	4,1	2,0	
52	16,0	14,0	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0		
53	13,8	11,8	9,8	7,8	5,9	3,9	1,9			
54	11,6	9,6	7,7	5,8	3,9	1,9				
55	9,5	7,6	5,7	3,8	1,9					
56	7,5	5,6	3,7	1,9						
57	5,5	3,7	1,8							
58	3,6	1,8								
59	1,8									

	1,3	2,5	3,8	5,1	6,4	7,7	9,0	10,4	11,8	13,2	90
1,3	2,5	3,8	5,1	6,4	7,7	9,1	10,4	11,8	13,2	14,6	89
2,5	3,8	5,1	6,4	7,7	9,1	10,4	11,8	13,2	14,6	16,1	88
3,8	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,8	13,2	14,7	16,1	17,5	87
5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,8	13,2	14,6	16,0	17,5	19,0	86
6,5	7,8	9,1	10,5	11,9	13,2	14,6	16,1	17,5	19,0	20,5	85
7,9	9,2	10,6	11,9	13,3	14,7	16,1	17,5	19,0	20,5	22,0	84
9,3	10,7	12,0	13,4	14,8	16,2	17,6	19,1	20,5	22,0	23,6	83
10,7	12,1	13,5	14,9	16,3	17,7	19,1	20,6	22,1	23,6	25,2	82
12,2	13,6	15,0	16,4	17,8	19,2	20,7	22,2	23,7	25,2	26,8	81
13,7	15,1	16,5	17,9	19,4	20,8	22,3	23,8	25,3	26,8		
15,2	16,6	18,1	19,5	20,9	22,4	23,9	25,4	27,0	28,5		80
16,7	18,2	19,6	21,1	22,6	24,0	25,6	27,1	28,6	30,2		79
18,4	19,8	21,3	22,8	24,2	25,7	27,3	28,8	30,4	32,0		78
20,0	21,5	23,0	24,4	25,9	27,5	29,0	30,6	32,2	33,8		77
21,7	23,2	24,7	26,2	27,7	29,2	30,8	32,4	34,0	35,6		76
91 %	92 %	93 %	94 %	95 %	96 %	97 %	98 %	99 %	100 %		Mélange.

Digitized by Google

Lorsqu'on veut transformer la quantité en volumes v, en quantité en poids p, on emploie la formule suivante :

$$p = v\frac{d}{D}$$

d étant la densité de l'alcool pur et D celle qui correspond à la richesse v.

De même pour trouver la quantité d'eau e qui ajoutée à 100 volumes d'alcool, ayant une richesse de v (densité d), donnera un alcool ayant une richesse V (densité D), on fera usage de la formule suivante :

$$e = 100\left(D\frac{v}{V} - d\right)$$

La formule qui donne le degré Baumé pour les liquides plus plus légers que l'eau est la suivante, dans laquelle D est la densité du liquide et n le degré Baumé.

$$D = \frac{144}{134 + n} \qquad n = \frac{144}{D} - 134$$

Rappelons que l'eau marque 10° Bé à 15°.

La formule qui donne la quantité d'alcool en poids, déduite du volume, est la suivante :

$$x = v\frac{d}{D}$$

dans laquelle :

x est l'alcool en poids.

D = densité du mélange alcoolique.

d = densité de l'alcool pur.

v = volume d'alcool absolu.

De cette formule on tire :

$$D = \frac{v\,d}{x} \qquad \text{et} \qquad v = x\frac{D}{d}$$

Si l'on a 100 parties en poids d'un liquide alcoolique, on peut se proposer de chercher le volume d'alcool.

Soit D la densité du mélange, d celle de l'alcool, p le taux pondéral ramené en 100 en poids de liquide.

x = le volume d'alcool dans 100 volumes.

$$x = p\frac{D}{d} \qquad p = v\frac{d}{D} \qquad D = x\frac{d}{p}$$

Digitized by Google

Table donnant la relation entre la densité, la richesse d'un liquide alcoolique en volume et en poids, sa température d'ébullition, sa chaleur de vaporisation et les degrés Baumé de Cartier.

Densité dans le vide à 15°	Richesse du liquide		Degrés Baumé	Degrés Cartier	Température d'ébullition	Richesse des vapeurs		Chaleur latente de vaporisation
	en volume G. L.	en poids T			t	en volume v	en poids V	λ
999.16	0	0	10	10	100°	0	0	537
997.7	1	0.80			99	9.90	7.97	533.7
996.2	2	1.59			98.2	17.70	14.37	531.8
994.8	3	2.39			97.4	25.20	20.63	528.2
993.4	4	3.20			96.6	31.25	25.76	525.6
992.1	5	4.04	11	11	95.9	35.75	29.74	522.8
990.8	6	4.81			95.2	39.30	32.76	520
989 5	7	5 62			94.5	42.60	35.71	517.2
988 3	8	6.43			93.9	45.50	38.34	514.4
987.0	9	7.24			93.3	48.40	41.01	511.5
985.9	10	8.05	12		92.6	51.10	43.53	508.8
984.7	11	8.87		12	92.1	53.45	45.77	506
983.6	12	9.67			91.5	55.75	47.98	503.2
982.5	13	10.51			91.1	57.45	49.64	500.4
981.4	14	11.33			90.6	59.80	51.96	497.6
980.4	15	12.15			90.2	61.50	53.76	494.8
979.4	16	12.97			89.7	62.95	55.13	492
978.4	17	13.80	13		89.3	64.05	56.24	489.2
977.4	18	14.62		13	89	64.95	57.17	486.4
976.5	19	15.45			88.6	65.65	57.89	483.5
975.5	20	16.28			88.3	66.20	58.46	480.8
974.5	21	17.11			87.9	66.60	58.87	477.9
973.4	22	17.94			87.7	67	59.29	475 2
972.4	23	18.78	14		87.4	67.36	59.67	472.3
971.3	24	19.62			87.1	67.70	60 02	469.5
970.3	25	20.46		14	86.9	67.95	60.29	466.6
969.2	26	21.30			86.6	68.20	60.55	463.7
968.2	27	22.14			86.4	68.47	60.93	460.9
967.1	28	22.99			86.2	68.75	61.13	457.9
966 0	29	23.84	15		86	69	61.39	455
964.9	30	24.69			85.7	69.26	61.66	452
963.7	31	25.54			85.5	69.50	64.92	449.4
962.5	32	26.40		15	85.3	69.77	62.20	446.5
961.3	33	27.26			85.1	70.05	62.52	443.8
960.0	34	28.12	16		85	70.30	62 77	440.9
958.6	35	28.99			84 8	70.60	63.09	438.1
957.3	36	29.86			84.7	70.87	63.39	435 2
955.9	37	30.73		16	84.5	71.15	63.69	432.3
954.5	38	31.61			84.4	71.43	63.99	429.4
953.0	39	32.49	17		84.2	71.66	64.26	426.5
951.5	40	33.38			84.1	71.95	64.56	423.7
949.9	41	34.25		17	83.9	72.22	64.84	420.8
948.3	42	35.17			83.8	72.50	65.14	418
946.6	43	36.07	18		83.7	72.80	65.47	415
944.9	44	36.97			83.5	73.12	65.82	412
943.2	45	37.88			83.4	73.45	66.18	409
941.4	46	38.80		18	83.3	73.75	66.51	406
939.6	47	39.72	19		83.1	74.05	66.85	403
937.8	48	40.64			83	74.35	67.18	400
935.9	49	41.57			82.9	74.65	67.51	397
934.0	50	42.51	20	19	82.8	74.95	67.83	394
932.1	51	43.44			82.70	75.27	68.19	391
930.1	52	44.39			82.58	75.58	68.52	388
928.1	53	45.34	21	20	82.47	75.90	68.89	384.9

Digitized by Google

Densité dans le vide à 15°	Richesse du liquide		Degrés Baumé	Degrés Cartier	Température d'ébullition	Richesse des vapeurs		Chaleur latente de vaporisation
	en volume G. L.	en poids T			t	en volume v	en poids V	λ
926.1	54	46.30			82.35	76.22	69.25	381.9
924.0	55	47.26			82.25	76 54	69.61	378.7
921.9	56	48.23	22	21	82.14	76.86	69.97	375.2
919.8	57	49.20			82.03	77.18	70.33	372.1
917.7	58	50.18			81.92	77.50	70.70	369
915.5	59	51.17	23	22	81.81	77.83	71.07	366
913.3	60	52.16			81.70	78.17	71.45	363
911.1	61	53.16			81.61	78.52	71.85	359.9
908.8	62	54.17	24	23	81.52	78.86	72.23	356.6
906.5	63	55.18			81.43	79.20	72.62	353.2
904.2	64	56.20	25		81.34	79.56	73.03	349.9
901.9	65	57.22		24	81.25	79.92	73.45	346.6
899.6	66	58.25			81.16	80.28	73.86	343.1
897.2	67	59.29	26		81.07	80.65	74.30	339.8
894.8	68	60.34		25	80.98	81.05	74.76	336.5
892.4	69	61.39	27		80.89	81.45	75.22	332.2
889.9	70	62.45		26	80.80	81.85	75.70	329.7
887.4	71	63.53	28		80.71	82.30	76.23	326.2
885.0	72	64.60		27	80.63	82.75	76.78	322.6
882.4	73	65.69	29		80.54	83.20	77.30	319.2
879.8	74	66.79		28	80.45	83.65	77.83	315.7
877.2	75	67.89	30		80.35	84.10	78.37	312.1
874.6	76	69			80.27	84.55	78.91	308.7
871.9	77	70.13	31	29	80.16	85	79.45	305.1
869.2	78	71.26			80.09	85.48	80.03	301.4
866.5	79	72.39	32	30	80	85.98	80.53	297.9
863.8	80	73.54			79 92	86.49	81.17	294.3
861.0	81	74.70	33	31	79.83	87	81.90	290.6
858.2	82	75.87			79.74	87.50	82.52	287
855.3	83	77.06	34	32	79.66	88.02	83.17	283.3
852.4	84	78.25	35		79.57	88.53	83.83	279.6
849.5	85	79.45		33	79.49	89.05	84.50	275.8
846.5	86	80.67	36	34	79.41	89 59	85.19	271.9
843.5	87	81.90			79.33	90.12	85.85	267.9
840.4	88	83.14	37	35	79.25	90.67	86.57	264
837.2	89	84.44	38	36	79.18	91.23	87.30	260
833.9	90	85.70			79.12	91.80	88.05	256
830.5	91	87	39	37	79.05	92.55	89.06	255
827.1	92	88.32			78.98	93.25	90.01	248
823.5	93	89.67	40	38	78.90	93.80	90.76	243.7
819.9	94	91.03	41		78.83	94.50	91.73	239.2
816.1	95	92.43	42	39	78.75	95.35	92.93	234.7
812.1	96	93.86	43	40	78.68	96.20	94.14	229.9
807.9	97	95.35	44	41	78.61	97.10	95.50	225
803.1	98	96.84	45	42	78.56	98.10	96.99	220
798.9	99	98.39	46	43	78.48	99.05	98.86	215
794.0	100	100	47	44	78.4	100	100	209

Digitized by Google

Table de Conversion des degrés Cartier en degrés centésimaux.

Cartier	Centésimaux	Cartier	Centésimaux	Cartier	Centésimaux	Cartier	Centésimaux
10	0.0	19	49.2	28	74.0	37	91.1
11	5.3	20	52.5	29	76.3	38	92.6
12	11.3	21	55.7	30	78.4	39	94.0
13	18.4	22	58.7	31	80.5	40	95.4
14	25.4	23	61.5	32	82.4	41	96.6
15	31.7	24	64.2	33	84.3	42	97.7
16	37.0	25	66.9	34	86.2	43	98.8
17	41.5	26	69.4	35	88.0		
18	45.5	27	71.8	36	89.6		

3. — Détermination de l'alcool dans les mélanges

Jusqu'ici, on a supposé que les liquides alcooliques à analyser ne renfermaient que de l'eau et de l'alcool, et pour lesquels l'alcoomètre seul suffisait. Mais, si l'on désire connaître la force alcoolique d'un vin, d'un moût, d'une liqueur ou d'autres liquides analogues contenant des matières qui influent sur la densité, on doit alors employer d'autres méthodes. Parmi celles-ci, il y en a qui ne peuvent servir qu'en deçà de certaines limites, tandis que d'autres sont générales pour tous les liquides alcooliques. Il ne sera question ici que de ces dernières.

A. — Méthode par distillation

On procède dans ces méthodes de manière à faire passer dans le produit de la distillation tout l'alcool que contient le liquide à analyser, puis on ramène avec de l'eau le volume au volume primitif; il est alors facile de prendre le degré du liquide alcoolique ainsi obtenu.

La distillation se fait sur un échantillon exactement pesé ou mesuré, dans un alambic ou un matras, Les vapeurs formées sont condensées dans un réfrigérant, et le liquide qui en provient est recueilli dans un vase jaugé. On interrompt le chauffage lorsque tout l'alcool est vaporisé, ce qui, pour les liquides qui n'en renferment pas plus de 16 p. 100, a lieu lorsque les deux

Digitized by Google

tiers environ ont distillé. Pour les liquides plus alcooliques, il faut pousser la distillation plus loin.

Lorsque les échantillons sont très sucrés ou très alcooliques, on facilite la distillation en doublant avec de l'eau leur volume ; on s'assure ainsi la vaporisation complète de l'alcool. Les moûts et les liquides qui moussent sont distillés facilement en y ajoutant de l'huile, de la paraffine, ou en les chauffant lentement. Les matières volatiles basiques sont neutralisées avant la distillation par un acide et les liquides acides le sont par de la lessive de soude ou de potasse.

Au lieu de calculer la force du liquide primitif par le rapport de celui-ci au liquide distillé, on peut ajouter la quantité d'eau nécessaire pour ramener le produit de la distillation à un volume égal à celui de l'échantillon et ensuite prendre le degré alcoolique.

Ce procédé est commode et exact pour les liquides pas trop pauvres en alcool ; pour les liquides très dilués, il est préférable de laisser au liquide distillé un petit volume et un degré alcoolique élevé ; les lectures doivent toujours être faites à la température normale.

Ces déterminations ont une grande importance pour connaître la teneur en alcool des moûts fermentés et des vins, et aussi pour se rendre compte de la marche des appareils à distiller. Divers appareils ont été recommandés dans ce but qui sont fréquemment utilisés ; nous donnerons ici la description de quelques-uns d'entre eux.

a. — L'*alambic* primitif de Decroizilles a été perfectionné par Gay-Lussac. Il consiste en une petite cucurbite en cuivre avec support se terminant par un serpentin qui est placé dans un réfrigérant. Deux éprouvettes, une de 300 divisions = 150 millilitres, l'autre de 180 divisions = 90 millilitres, sont jointes à l'appareil. On remplit exactement la première avec le liquide à analyser qu'on introduit dans la chaudière, on relie avec le réfrigérant et on chauffe jusqu'à ébullition au moyen d'une lampe à alcool. On recueille le produit distillé dans la petite éprouvette, tout en refroidissant complètement le serpentin.

Lorsque le produit distillé atteint 100 divisions, on arrête de chauffer, on prend le degré alcoolique du liquide et on trouve le degré alcoolique de l'échantillon soumis à l'analyse en tri-

Digitized by Google

plant le chiffre lu après avoir ramené à la température normale.

b. — L'*alambic Salleron* est un perfectionnement de l'appareil précédent. Le nouvel appareil permet, au moyen d'une table annexée, de faire des dosages exacts jusqu'à 1 dixième de degré près. La table des forces réelles peut servir à ces analyses. Dans ce but, on se sert d'un alcoomètre à échelle très réduite.

c. Récemment, cet alambic a été perfectionné encore par Pontier.

On introduit dans la chaudière, par une ouverture fermée par un couvercle hermétique, exactement 5 à 10 litres du liquide à analyser, suivant qu'il est plus ou moins riche en alcool. On met de l'eau froide dans le manomètre, dans le réfrigérant et dans le déflegmateur, et on chauffe le contenu de la chaudière à l'ébullition. Les vapeurs se condensent sur les parois du réfrigérant, le liquide condensé remplit les divisions intérieures de la colonne qui analyse les vapeurs, où il s'enrichit. Lorsque l'eau du déflegmateur est chaude, les vapeurs qui passent sont condensées et recueillies dans l'éprouvette. On recueille ainsi facilement 1 litre de liquide alcoolique dont on prend le degré à l'alcoomètre. Il faut naturellement que tous les liquides soient exactement mesurés, et alors les résultats ne laissent rien à désirer non plus au point de vue de l'exactitude.

Les liquides qui renferment de 2 à 0,8 d'alcool donnent, avec cet appareil, des produits distillés à 60° et 40°. Cet appareil est donc parfaitement propre à contrôler le degré alcoométrique des vinasses. Si, sur 20 litres de ces derniers, on distille 100 centimètres cubes, on voit quelle exactitude on peut obtenir. D'après Savalle, on peut analyser exactement des vinasses ne titrant que 0°,01 d'alcool.

d. — Un perfectionnement dû à Savalle consiste à faire une rectification ou à renforcer le degré des vapeurs alcooliques. On peut ainsi épuiser complètement l'échantillon et obtenir sous un petit volume tout l'alcool qu'il contient.

L'appareil a la forme représentée figure 47.

a, chaudière avec chauffage au gaz.

b, colonne pour l'analyse des vapeurs.

Digitized by Google

c, déflegmateur pour le même but.
d, réfrigérant.
e, éprouvette pour recueillir le liquide distillé.

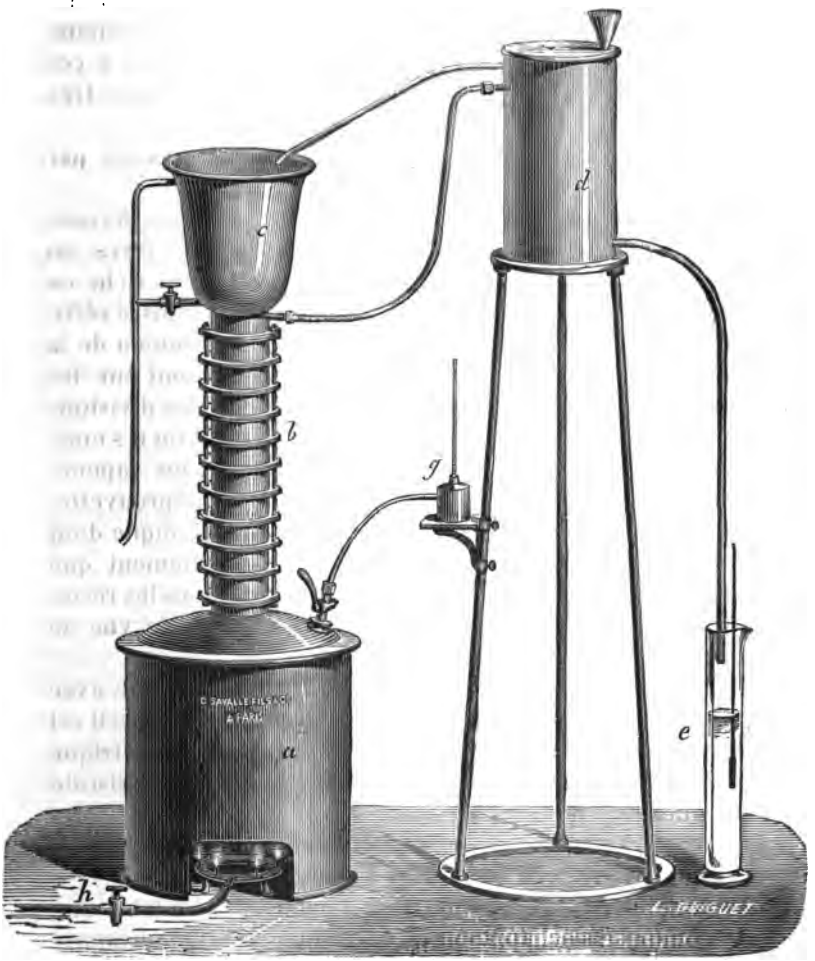


Fig. 47. -- Alambic Savalle.

f, cheminée de dégagement des produits de la combustion.
g, manomètre.
h, tuyau à gaz.

Digitized by Google

On introduit dans la chaudière, par une ouverture fermée par un couvercle hermétique, exactement 5 à 10 litres du liquide à analyser, suivant qu'il est plus ou moins riche en alcool. On met de l'eau froide dans le manomètre, dans le réfrigérant et dans le déflegmateur, et on chauffe le contenu de *a* à l'ébullition. Les vapeurs se condensent sur les parois de *d* et le liquide condensé remplit les divisions intérieures de *b*, où il s'enrichit. Lorsque l'eau de *c* est chaude, les vapeurs passant en *d* sont condensées et recueillies en *e*. On recueille ainsi facilement 1 litre de liquide alcoolique dont on prend le degré à l'alcoomètre. Il faut naturellement que tous les liquides soient exactement mesurés, et alors les résultats ne laissent rien à désirer non plus au point de vue de l'exactitude.

Ainsi, par exemple, 5 litres de vin ont donné :

au commencement	175 cent. cubes	de liquide	à 94°	ou 164 cc. 50	d'alcool.
puis après	144	—	à 91°	ou 131 cc. 04	—
	144	—	à 68°	ou 97 cc. 92	—
	144	—	à 18°	ou 25 cc. 92	—
	144	—	à 6°	ou 8 cc. 64	—
Total.....	751 cent. cubes		ou	428 cc. 02	d'alcool.

Le vin contient donc $\frac{42802}{5000}$ = 8°,56 d'alcool.

Les liquides qui renferment de 2 à 0,8 d'alcool donnent, avec cet appareil, des produits distillés à 60° et 40°. Cet appareil est donc parfaitement propre à contrôler le degré alcoométrique des vinasses. Si, sur 20 litres de ces dernières on distille 100 centimètres cubes, on voit quelle exactitude on peut obtenir. D'après Savalle, on peut analyser exactement des vinasses ne titrant que 0°,01 d'alcool.

La maison Lepage, successeur de Savalle, construit aussi un appareil d'épreuve continue (fig. 48) des vinasses. La vapeur provenant de la vinasse pénètre en *g* dans la colonne. Le liquide condensé s'échappe en *i*, et les vapeurs non condensées s'enrichissent et s'écoulent par l'éprouvette *e*. L'appareil ne doit pas débiter plus de un à deux litres de liquide à l'heure.

e. — *Appareil Barbet*. — Barbet a construit un appareil pour laboratoire qui est plutôt destiné à la sélection des divers produits de la distillation et de la rectification, mais qui, néan-

Digitized by Google

moins, comme l'appareil Savalle que nous avons décrit précédemment, permet d'épuiser les liquides faiblement alcooliques et d'en faire le titrage. Cet appareil réalise exactement en petit l'appareil industriel dont nous donnerons la description plus loin et fonctionne d'une façon continue pour la sélection

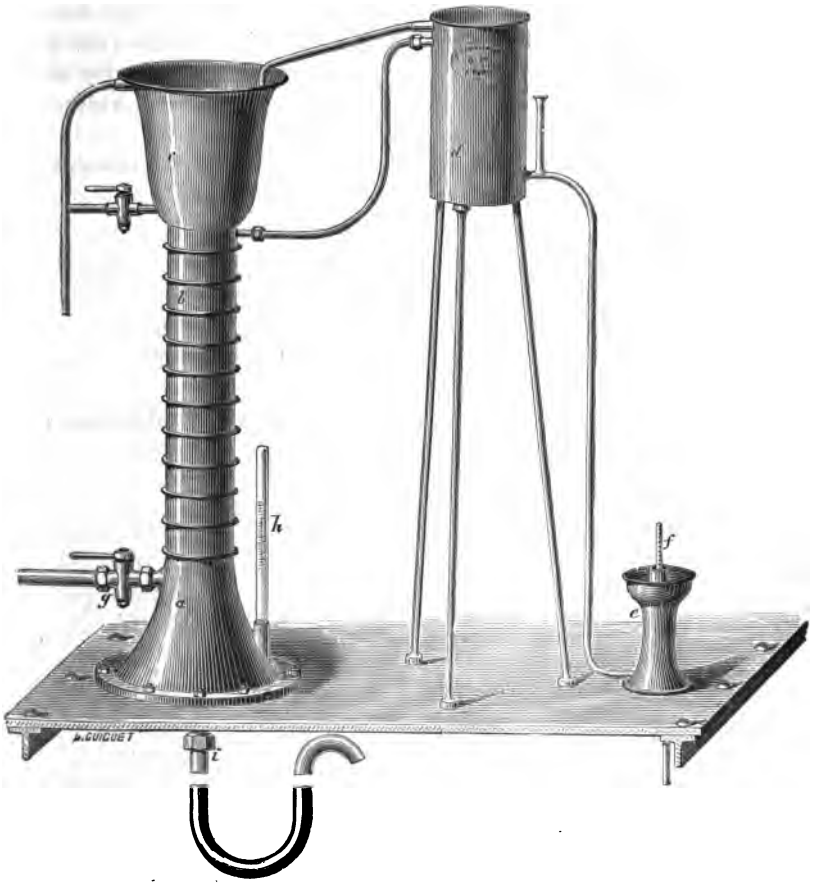


Fig. 48. — Essai continu des vinasses.

des alcools et d'une façon discontinue pour leur analyse.

Nous donnerons une description succincte de cet appareil qui est représenté fig. 49. Il est construit soit en verre, soit en

Digitized by Google

métal. Il se compose d'une chaudière inférieure chauffée par un bec de gaz dans laquelle le liquide émet les vapeurs qui viennent se condenser sur les plateaux de la colonne. Ces plateaux sont constamment baignés par le liquide de la rétrogradation. Il se produit une analyse des vapeurs qui montent, la richesse alcoolique augmente au fur et à mesure qu'on s'élève, tandis que les plateaux inférieurs ne contiennent que peu ou pas d'alcool.

Fig. 49. — Appareil Barbet.

Cet appareil est surtout disposé pour étudier l'alcool produit par les liquides fermentés et pour classer les diverses qualités d'alcool qu'on peut extraire d'un flegme donné. C'est plutôt là son véritable usage. Néanmoins, comme il peut servir au but qui nous intéresse, nous avons tenu à l'indiquer.

L'appareil Barbet ou rectificateur de laboratoire se compose d'une chaudière A ou ballon de verre chauffée par un bec de gaz G. Les vapeurs alcooliques montent dans une colonne B C à plateaux et se condensent finalement en D R pour venir se rassembler dans l'éprouvette K. La rétrogradation se fait par *s* et *t* et le réglage invariable du coulage par *r*.

f. — Mohr a modifié l'alambic de Gay-Lussac pour le faire servir pour de très faibles quantités de liquide. On n'est pas forcé avec cet appareil de distiller de grandes quantités pour y plonger un alcoomètre.

Il suffit de 10 centimètres de liquide en cas de besoin. On mesure cette quantité avec une pipette et on laisser couler dans un ballon, puis on ajoute la même quantité d'eau. On distille exactement 10 centimètres cubes qu'on recueille dans une fiole à col

Digitized by Google

étroit et mesurant exactement 10 centimètres cubes jusqu'au trait. A cause de l'étroitesse du col, on reçoit le liquide dans un entonnoir long.

Avant de commencer la distillation, on ajoute au vin un peu de tannin pour rendre l'ébullition tranquille. Les vapeurs sont condensées dans un serpentin.

Lorsqu'on est près d'avoir recueilli 10 centimètres cubes, on loisse refroidir à la température ordinaire, on complète exactement avec de l'eau jusqu'au trait, et on pèse la fiole avec son contenu. On connaît la tare et le poids du volume d'eau :

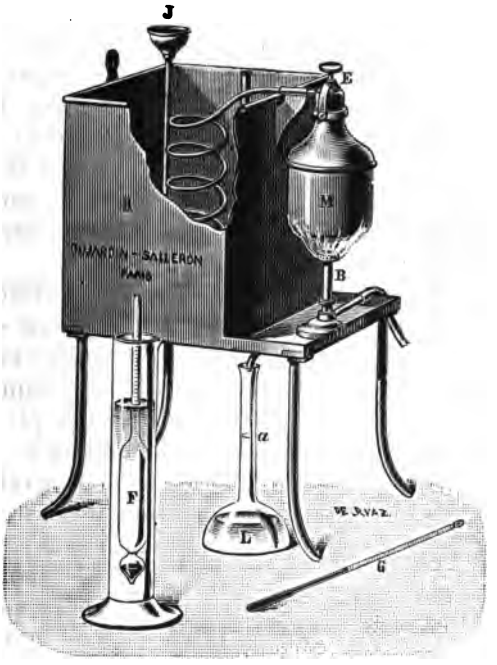


Fig. 50. — Alambic Dujardin.

il est dès lors facile d avoir la densité du liquide et par suite son degré alcoolique.

Si par exemple, on a recueilli 9 gr. 844, la densité est $\frac{9.844}{10}$ = 0,9844, et par conséquent la teneur alcoolique du produit distillé, de même que celle du liquide primitif de même volume, est de 12 p. 100.

Digitized by Google

g. — Alambic Dujardin. — 100 centimètres cubes du liquide filtré sont étendus du même volume d'eau dans une chaudière M qu'on met en communication avec un réfrigérant R. On distille jusqu'à ce qu'un ballon L de 100 centimètres cubes soit rempli jusqu'au trait A. Le réfrigérant est en métal.

Le liquide distillé est amené à la température de 15° C. On en prend le degré avec un petit alcoomètre qui ne porte que quelques degrés, dont chacun a une longueur de 100 millimètres.

On peut aussi prendre la densité du liquide distillé avec le

Fig. 51. — Alambic Egrot.

pycnomètre et chercher dans la table de Gay-Lussac la force alcoolique correspondante.

On obtient des résultats plus exacts en opérant comme suit :

Un grand échantillon de 200 centimètres cubes, par exemple, de moût filtré est exactement mesuré, puis versé dans l'appareil de distillation et neutralisé par la soude afin de fixer les acides volatils et de les retenir. On porte le volume au double en y ajoutant de l'eau, puis on distille. Afin d'éviter le débordement par la mousse ou les soubresauts pendant la distillation, on ajoute quelques morceaux de zinc et de paraffine. La chaudière de distillation C (fig. 50) est reliée avec un réfrigérant R

Digitized by Google

et avec un flacon jaugé de 200 centimètres cubes M. Lorsqu'on a recueilli presque 200 centimètres cubes, on interrompt la distillation et on amène exactement à la température normale, puis on prend le degré, soit au pycnomètre, soit à la balance de Mohr, soit encore avec un petit alcoomètre sensible.

L'appareil représenté figure 53 est celui de Salleron installé pour quatre essais à la fois.

Le résultat du dosage de l'alcool par distillation est, en

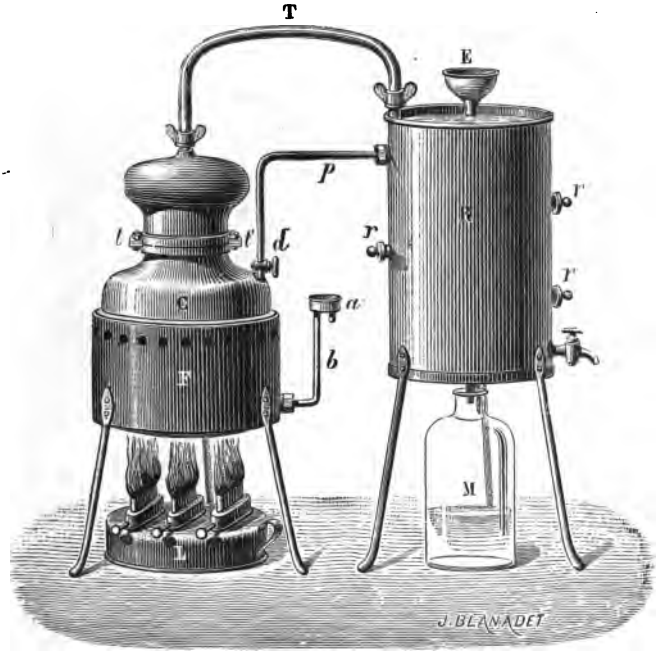


Fig. 52. — Alambic Egrot pour essai des mouts.

général, plus élevé que celui obtenu industriellement. Pour expliquer cette différence, on admet que, même avec les appareils continus les plus perfectionnés, on ne peut pas éviter complètement la perte d'alcool. En outre, dans la distillation en petit, on trouve dans le produit de la distillation tous les produits de queue qui, dans le travail en grand, restent dans la rétrogradation.

Digitized by Google

Lorsqu'on n'emploie pas la distillation, la force alcoolique d'un moût peut s'obtenir par la différence entre la densité du liquide alcoolique et celle du même moût privé d'alcool par évaporation et ramené au volume primitif.

L'alcool absolu, plus léger que l'eau et que les solutions sucrées aqueuses, abaissera d'autant plus la densité d'une solution sucrée que celle-ci contiendra plus d'alcool. Si donc on chasse l'alcool d'un liquide par évaporation et si l'on remplace

Fig. 53. — Appareil Dujardin pour 4 dosages.

cet alcool par une quantité égale d'eau, la densité sera élevée d'une quantité correspondante à la teneur en alcool primitive.

En désignant par S la densité du moût, par S_1 la densité du moût privé d'alcool et ramené au volume primitif, et par 1,0 la

Digitized by Google

densité de l'eau, la teneur en alcool est donnée par la formule :

$$A = \frac{S \times 1,0}{S_1}.$$

Soit par exemple,

$$S = 1.0040 \qquad S_1 = 1.0192,$$

on a

$$A = \frac{1.0040 \times 1,0}{1.0192} = 0,9851.$$

d'où il est facile de connaître le degré alcoolique.

B. Autres méthodes

On peut encore faire le dosage de l'alcool en se basant sur d'autres propriétés que la densité. Nous décrirons quelques-uns des instruments employés dans ce but.

a. — *Ebullioscope.* — Le dosage de l'alcool peut être obtenu par l'observation de la température de la vapeur au moyen de l'ébullioscope ; ce procédé a été recommandé dès 1822 par Grœning. Plus tard Brossard-Vidal, Conaty, Ure, Tabarre, Pohl, Malligand et d'autres, construisirent des appareils basés sur le même principe. L'eau, comme on sait, bout à 100° sous la pression de 760 millimètres et l'alcool absolu à 78°,4. Les mélanges de ces deux corps entrent en ébullition à des températures situées entre ces deux points extrêmes. On peut donc, par la construction d'une table qui donne les températures d'ébullition des mélanges connus, retrouver facilement la composition d'un alcool par sa température d'ébullition.

L'appareil consiste en une chaudière dans laquelle on fait bouillir de l'eau. La vapeur enveloppe un thermomètre sensible fixé dans le couvercle. On porte à l'ébullition, puis on place le zéro de l'échelle à l'endroit où le mercure s'est arrêté. On vide l'appareil et on recommence l'opération. Lorsque la température reste constante, on lit le volume d'alcool correspondant. L'alcool condensé dans le réfrigérant retourne constamment dans la chaudière, ce qui fait que la teneur en alcool du liquide reste constante. Les alcools forts doivent être coupés d'eau en quantité donnée.

Pohl a construit pour cet appareil la petite table suivante :

Digitized by Google

Table de Pohl pour l'ébullioscope.

ALCOOL 0/0	DENSITÉ à 15° c.	POINT d'ébullition	ALCOOL 0/0	DENSITÉ à 15° c.	POINT d'ébullition
0	1.0000	100.00	7	0.9883	93.43
1	0.9982	98.79	8	0.9868	92.70
2	0.9964	97.82	9	0.9854	92.03
3	0.9942	96.85	10	0.9840	91.40
4	0.9930	95.90	11	0.9827	90.83
5	0.9913	95.02	12	0.9814	90.27
6	0.9898	94.21			

L'ébullioscope est surtout très répandu en France et son avantage principal réside dans la rapidité avec laquelle il permet d'obtenir le résultat cherché sans qu'il soit nécessaire de se servir d'appareils très précis. Cet appareil est donc très eaui.

b. — *Ebulliomètre Salleron-Dujardin.* — Cet appareil très pratique présente les avantages suivants :

1° Opération effectuée très rapidement et avec une précision rigoureuse.

2° Evaluation de la richesse alcoolique en degrés de l'alcoomètre légal et en degrés de l'Ebullioscope Malligand.

3° Facilité de remplacer immédiatement le thermomètre, n'importe où on se trouve, sans avoir à renvoyer aucune pièce de l'instrument.

4° Avantage de pouvoir acquérir plusieurs thermomètres de rechange.

Voici comment on procède à un dosage d'alcool :

Verser dans la chaudière, par la tubulure *t*, la quantité d'eau mesurée au moyen du tube gradué jusqu'au trait *Eau.*

Placer le thermomètre sur cette tubulure. Allumer la lampe bien placée sous la cheminée de l'appareil ; au bout de quelques instants, la colonne de *mercure s'élève*, la vapeur sort par le haut du réfrigérant ; lorsque le mercure est bien immobile, on lit en regard le degré de température, soit *100° 1 dixième.* On desserre le petit écrou qui se trouve derrière l'échelle, on fait mouvoir la réglette centrale qui représente les degrés thermométriques, et on amène la division 100°1 en face de la

Digitized by Google

division 0 des échelles fixes de droite et de gauche. On serre l'écrou, l'instrument est réglé *et on peut alors faire plusieurs essais sans déterminer à nouveau la température d'ébullition de l'eau*, les changements barométriques ne se produisant généralement qu'avec une certaine lenteur.

Ouvrir le robinet, vider la chaudière complètement, *la rincer avec du vin à essayer qu'on rejette, souffler par le tube supérieur pour chasser la vapeur d'eau.* Verser dans la chaudière une mesure complète de moût (50 cc.), y placer le thermomètre, remplir d'eau le réfrigérant D et chauffer comme précédemment. Le mercure monte, s'élève rapidement dans le thermomètre et s'arrête ; *on attend qu'il soit bien immobile* et on note la graduation, soit 90°7.

Fig. 54. — Ebulliomètre Salleron-Dujardin.

On se reporte à ce chiffre sur l'échelle et en face, on lit *13°4*, ce qui veut dire que le vin essayé contient 13,4 0/0 d'alcool pur, en volume évalué en degrés de l'*alcoomètre légal.*

Sur l'échelle gauche de la règle, on trouve que ce degré correspond à *13°7* de l'Ebullioscope Malligand.

Le thermomètre et l'échelle alcoométrique de l'Ebulliomètre ne permettent pas de mesurer les richesses alcooliques supérieures à 25° ; si l'on voulait essayer des liquides plus spiritueux, il faudrait, au préalable, les couper avec de l'eau dans une proportion connue, et multiplier par le même rapport, le degré indiqué par l'Ebulliomètre.

c. — *Œnozéomètre.* — S'appuyant sur le principe de Vidal, plusieurs appareils ont été construits dans le but d'indiquer directement la richesse alcoolique d'un liquide par l'observation de son point d'ébullition. On sait, en effet, que si l'alcool pur bout à 76° centigrades, la température d'ébullition d'un mélange

Digitized by Google

d'alcool et d'eau variera suivant la richesse en alcool du mélange, l'écart étant de 14° à 100° pour l'eau pure.

Langlois et Langlet, à la suite de recherches ont eu l'idée de modifier les ébullioscopes, de les transformer et de les simplifier. Leur nouvel appareil, basé sur le même principe que les ébullioscopes et qu'ils ont désigné sous le nom d'Œnozéomètre, présente de nombreux avantages,

La substitution systématique du verre au cuivre permet de suivre toutes les phases de l'ébullition, de régler cette dernière pour éviter les soubresauts et les irrégularités ; en outre, on peut toujours s'assurer de l'état de propreté de l'appareil et le nettoyage en est facile.

L'indépendance de toutes les pièces permet de les remplacer facilement en cas d'accident, et chacune d'elles, comme l'appareil lui-même, est d'un prix très modique. Pas de tables de correction, pas de baromètre ; l'échelle alcoométrique, grâce à sa disposition spéciale, est d'une lecture très commode.

d. — *Ebullioscope Wiley.* — Cet appareil est basé sur le même principe que celui de Malligand. Il se compose d'un flacon fermé par un bouchon en caoutchouc supportant un grand thermomètre et un tube conduisant au condenseur. Les vapeurs produites pendant l'ébullition se condensent et reviennent dans le flacon, au travers du tube qui entre dans le flacon au-dessous de la surface du liquide intérieur.

Le flacon est chauffé par un bec de gaz. Il est placé sur un disque circulaire d'amiante de façon à couvrir entièrement le trou qui se trouve au centre du disque d'amiante, trou un peu plus petit que le fond du flacon. L'appareil entier est protégé contre les influences extérieures sur la température par un cylindre en verre qui s'appuie sur le disque d'amiante de dessous et soutient en dessus un disque mobile en toile et en caoutchouc. Le flacon contient plusieurs fragments de feuilles de platine pour faciliter l'uniformité d'ébullition.

L'appareil est d'un maniement facile, se charge et se décharge rapidement, ce qui permet au moins trois déterminations par heure.

e. — *Appareil Aubin et Alla.* — Lorsque deux liquides, alcool et eau mélangés, possèdent des points d'ébullition différents, 78°

Digitized by Google

et 100°, il est possible de les séparer, lorsqu'ils sont à l'état de vapeurs, en leur faisant parcourir un appareil sur les parois duquel la condensation peut se produire par suite du refroidissement. La vapeur d'eau se condense la première, tandis que l'alcool reste volatilisé jusqu'au moment où il rencontre une paroi plus froide, sur laquelle il se liquéfie à son tour, débarrassé de l'eau qui l'accompagnait. Ce principe, mis en pratique par un appareil approprié, permet de condenser dans un petit volume *tout l'alcool* contenu dans un liquide. Ce mode de séparation s'appelle le fractionnement. On l'obtient dans les laboratoires au moyen de l'appareil à boules de MM. Lebel et Henninger, ou bien avec le serpentin ascendant de M. Schlœsing, et dans l'industrie par les appareils à plateaux.

Pour la construction du nouvel appareil, les auteurs ont mis à profit le principe de l'appareil de M. Schlœsing. L'appareil comprend :

1° Une cucurbite en cuivre d'une contenance d'un litre, pouvant reposer sur un fourneau alimenté soit par un brûleur à gaz, soit par une lampe à alcool.

2° Un serpentin ascendant en étain, étiré et recourbé à sa partie supérieure, traversant un réfrigérant et venant aboutir dans un ballon jaugé. L'appareil est maintenu par un support fixé sur un plateau en fonte.

3° Des carafes jaugées de 1 litre, de 0 l. 50 et 0 l. 25 de capacité, bouchées en caoutchouc et rigoureusement comparables entre elles, c'est-à-dire que celle d'un litre doit contenir exactement deux fois le ballon jaugé de 500 centimètres cubes ou quatre fois le ballon jaugé de 250 centimètres cubes ;

4° Une éprouvette à pied bien calibrée, pouvant contenir 300 centimètres cubes de liquide ;

5° Une série d'alcoomètres de 0 à 20, de 20 à 40, etc., contrôlés par la régie ;

6° Un thermomètre accusant le demi-degré, également contrôlé ;

7° Un flacon de pastilles de potasse ;

8° Plusieurs tubes étirés en verre pour servir de pipettes ;

9° Des rondelles de caoutchouc pour la fermeture de l'appareil ;

Digitized by Google

10° Des tubes de caoutchouc blanc et noir pour l'arrivée et la sortie de l'eau du réfrigérant ;

11° Un entonnoir en métal.

Mode opératoire. — 1° Mesurer exactement dans un ballon jaugé, soit d'un litre, soit d'un demi-litre, le liquide à distiller. Faire l'affleurement avec un tube de verre.

2° Transvaser avec un entonnoir, dans la cucurbite, rincer le ballon à plusieurs reprises avec de l'eau répartie sur les parois au moyen d'un tube de verre et verser chaque fois dans la chaudière.

3° Ajouter des pastilles de potasse pour saturer l'acidité du vin.

4° Relier la cucurbite au serpentin au moyen de la fermeture à collier, en s'assurant que la rondelle de caoutchouc est en bon état.

5° Faire passer l'eau dans le réfrigérant avec une vitesse telle qu'à la sortie elle s'écoule en filet assez mince.

6° Placer sous le réfrigérant le ballon jaugé destiné à recevoir le produit de la distillation. Lorsqu'on opère sur 1 litre, on place la carafe d'un demi-litre ; lorsqu'on opère sur 1/2 litre, on place la carafe de 250 centilitres.

7° Allumer le brûleur ou lampe à alcool et observer le moment où la première goutte distillée tombe dans le ballon jaugé. Régler alors le chauffage de manière que les gouttes se succèdent rapidement au bas du réfrigérant pour former un filet continu.

8° Lorsque le niveau du liquide recueilli dans le récipient est à 2 centimètres au-dessous du trait de jauge, éteindre le brûleur.

9° Arrêter l'écoulement dans le réfrigérant.

10° Avec de l'eau puisée au moyen d'un tube de verre, affleurer le trait de jauge dans le récipient. Fermer avec le bouchon de caoutchouc et agiter fortement pour bien mélanger, et laisser reposer jusqu'à ce que les bulles de gaz aient complètement disparu.

11° Remplir l'éprouvette, enfoncer lentement l'alcoomètre bien propre et bien sec jusqu'à ce qu'il flotte de lui-même au centre du cylindre ; lorsque les oscillations ont cessé et que

Digitized by Google

l'instrument est immobile, procéder à la lecture sur la tige graduée, en plaçant l'œil à 15 ou 20 centimètres de l'éprouvette et à la hauteur du niveau du liquide, lire la division qui qui correspond à la trace du plan horizontal passant par le ménisque inférieur.

12° Prendre la température et se reporter aux tables de correction pour calculer le titre alcoolique réel et diviser par 2 le résultat obtenu.

Observation. — *a*) On ne peut mesurer exactementun liquide mousseux qu'après l'avoir débarrassé de l'excès de gaz qu'il renferme par une agitation dans un récipient de plus grande capacité. Il est important, pour éviter les corrections de volume, de n'introduire dans la cucurbite que des liquides ne s'éloignant pas trop de la température de 15 degrés.

b) Pendant la distillation, il est bon de s'assurer que l'eau qui sort du réfrigérant est à peine tiède ; dans le cas contraire, il faudrait augmenter le débit de l'eau.

c) Lorsqu'on ne possède pas une canalisation dans la pièce où l'on opère, on peut obvier à cet inconvénient en installant dans un coin un tonneau défoncé d'un bout et portant dans le bas un robinet en bois sur lequel on ajuste le caoutchouc. L'eau qui sort du réfrigérant peut être reversée dans le réservoir et servir à nouveau

Avec le nouvel appareil on est assuré de concentrer la totalité de l'alcool dans un volume moitié moindre, lorsqu'il s'agit de liqueurs dont le titre alcoolique ne dépasse pas 20 degrés. Quand on a affaire à des spiritueux, prendre 250 cm^3, transvaser dans la cucurbite, remplir à nouveau le ballon avec de l'eau que l'on ajoute dans la chaudière, distiller et recueillir 250 cm^3 dans la carafe jaugée qui a servi de mesure. Dans ce cas, le titre observé est le titre réel, après correction due à la température.

Toutes les opérations sont exécutées avec la garantie du dixième de degré, d'après les expériences de contrôle qui ont été faites.

L'appareil, permettant de fractionner les produits de la distillation, se prête très bien au dosage des petites quantités d'alcool restées dans les vinasses. Ainsi, il peut s'adapter à une colonne distillatoire en marche pour contrôler l'alcool restant

Digitized by Google

dans les vinasses; il suffit de le mettre en rapport avec la chaudière au moyen d'un raccord et de procéder à une distillation fractionnée d'un litre de la vinasse.

D'autres applications peuvent avoir lieu dans les laboratoires de chimie, et l'on peut facilement substituer à la cucurbite en cuivre un ballon de verre ajusté au serpentin au moyen d'un bouchon de caoutchouc.

On peut établir des batteries de 4 ou 5 appareils juxtaposés et alimentés par une rampe à eau et une rampe à gaz. Dans ce cas, les opérations sont rapides et faciles à surveiller.

f. — La dilatomètre de Silbermann est basé sur ce principe que l'alcool et l'eau se dilatent inégalement par la chaleur. Ainsi, une partie alcool se dilate entre 0° et son point d'ébullition, environ 3 fois 1/3 plus que le même volume d'eau. Si donc on détermine la dilatation des mélanges d'eau et d'alcool, on pourra reconnaître, par la dilatation d'un alcool donné, quelle est sa composition.

La partie principale du dilatomètre de Silbermann consiste en une sphère de verre munie à la partie supérieure d'un tube long et à la partie inférieure d'un tube court, ce dernier muni d'une soupape. Cette sphère est fixée à un plateau de métal; celui-ci porte également un thermomètre gradué de 25 à 50° qui plonge à l'intérieur.

Avant l'essai on plonge toute la partie inférieure dans le liquide à examiner pour remplir la boule et pour noter la température d'observation.

Le zéro de l'échelle indique le niveau du liquide qu'on doit introduire dans la boule, et les divisions de l'échelle indiquent à 50° le maximum de dilatation de tous les liquides alcooliques. Les nombres qui correspondent à ces divisions conduisent immédiatement à la richesse alcoolique.

La partie inférieure du tube de la boule est fermée par une soupape de liège ou de caoutchouc fixée à une tige mobile sur le plateau. Un ressort permet de tenir la soupape constamment fermée lorsqu'on n'appuie pas sur le bouton fixé à la partie supérieure de la tige.

On ouvre d'abord la soupape et on fait entrer le liquide dans la boule et dans une partie du tube, car les liquides renfer

Digitized by Google

ment constamment en dissolution une plus ou moins grande quantité de gaz qu'il est nécessaire d'enlever pour éviter leur action sur la dilatation. Pour y parvenir, on aspire au-dessus du liquide au moyen d'un piston qui se meut dans l'intérieur du tube. Ce piston est creux et on peut le fermer en posant le doigt à l'extrémité supérieure. Lorsque la sphère est pleine on ferme la soupape et on introduit le piston dans le tube jusqu'à ce qu'il touche le liquide. Enfin on ferme la partie supérieure du piston avec le doigt et on le retire. Le vide qui se produit provoque la formation de petites bulles de gaz de toutes les parties du liquide et, lorsqu'on a répété cette opération un certain nombre de fois, on est arrivé au point où tout l'air a été enlevé. On porte alors l'appareil dans un bain-marie à 25° et on règle parfaitement le zéro en laissant couler du liquide goutte à goutte. Ensuite on porte à 50°. Le niveau du liquide à cette température fait immédiatement connaître sa force alcoolique en volume ou en poids, suivant la graduation de l'échelle.

Cet appareil peut servir pour tous les liquides alcooliques. Les matières végétales et les sels contenus dans le vin, la bière, l'eau-de-vie n'ont presque aucune action sur le résultat, car toutes les dissolutions de sels, etc., dans l'eau, ont pour les températures indiquées le même coefficient de dilatation que l'eau. On ne trouvera jamais dans les liquides du commerce aucune substance ayant une dilatation plus grande que l'alcool ou plus petite que celle de l'eau. On a choisi les températures de 25° et 50° parce que les échantillons qu'on a à examiner ont constamment, même en été, une température inférieure à 25° et que, par conséquent, en peut facilement les amener à cette température. On ne dépasse pas 50° pour éviter une vaporisation de l'alcool, ce qui rendrait le résultat inexact. En outre, la dilatation au-delà de cette température est plus considérable.

g. — *Vaporimètre de Geissler*. — Cet appareil (fig. 55) est basé sur les tensions différentes des vapeurs d'eau et d'alcool. Comme la tension de la vapeur d'alcool est notablement plus grande que celle de l'eau, un mélange de ces deux vapeurs tiendra en équilibre une colonne de mercure d'autant plus grande que la

Digitized by Google

force alcoolique sera plus grande. Si l'on connaît la tension de ces mélanges, il sera donc facile de construire une échelle pour laquelle la colonne de mercure observée donnera immédiatement la force alcoolique. Le vaporimètre se compose d'une petite fiole A dans laquelle est fixé fortement le tube coudé B d'une chaudière E qui contient de l'eau qu'on porte à l'ébullition et d'une double enveloppe C qui entoure la fiole et que la vapeur traverse avant de s'échapper. Toutes les parties de l'appareil sont construites de manière qu'on puisse les retirer facilement.

Pour se servir du vaporimètre, on retire d'abord le cylindre ou enveloppe C, on enlève la fiole A avec le tube coudé fixé sur une planchette B au moyen d'une bande en laiton, puis on remet la fiole dans sa position naturelle en la renversant, l'ouverture en haut, et on retire le tube coudé. La fiole est munie de deux traits *a b*; on emplit la partie inférieure jusqu'en *a* avec du mercure, puis on verse le liquide à examiner jusqu'en *b*. Alors on ferme avec le tube coudé qu'on fixe à la chaudière. A ce moment le liquide se trouve dans la partie close de la fiole et lorsqu'on chauffera, aucune vapeur ne pourra s'échapper et exercera sa pression sur le mercure qui seul sépare la vapeur de l'air. Une échelle graduée est fixée le long du tube. Le chauffage se fait au moyen de la chaudière sur laquelle on dispose l'enveloppe. On porte à l'ébullition, les vapeurs s'élèvent dans le cylindre intérieur, chauffent le contenu de la fiole, passent dans les deux ouvertures supérieures et sortent par l'ouverture. Aussitôt que le thermomètre marque exactement 100°, le niveau du mercure du tube coudé devient constant. On lit exactement le point d'arrêt sur l'échelle et on obtient ainsi par la table la force alcoolique jusqu'à 0,1 0/0.

Lorsque, par suite de la hauteur barométrique, la température d'ébullition est très différente de 100°, on corrige, au moyen d'une table jointe à l'instrument, les indications qu'il donne.

Si le liquide à essayer contient de l'acide carbonique, on y ajoute de la chaux vive pulvérisée qui combine cet acide et les matières qui pourraient fausser le résultat. On filtre le liquide avant de faire l'essai.

Le vaporimètre s'emploie surtout pour les liquides très peu

Digitized by Google

alcooliques pour lesquels une petite quantité suffit. Sa sensibilité est très grande.

Il convient de faire remarquer que, sauf l'acide carbonique qui, dans beaucoup de cas, modifie l'exactitude du dosage, les autres substances solubles contenues dans les moûts sont sans influence. On fera donc bien pour les moûts, et surtout pour les vinasses qui renferment peu d'alcool, d'en distiller une petite partie, afin de condenser l'alcool sous un petit volume et de l'essayer dans le vaporimètre pour connaître son degré. La petite quantité de liquide nécessaire pour cet essai facilitera l'emploi de la méthode. Quant au volume à prendre, il suffit de 50 centimètres cubes dont on distille 20 centimètres cubes qu'on examine au vaporimètre. Si l'on trouve 0°4,il en résulte que la vinasse ne renfermait que 0°16.

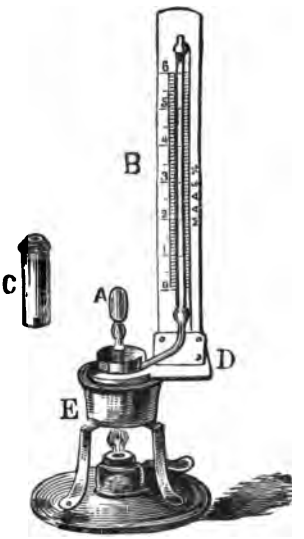


Fig. 55. — Vaporimètre Geissler.

Il ne faut pas oublier de s'assurer du zéro de l'appareil de temps en temps avec l'eau distillée bouillie et de rectifier l'échelle dans l'expérience suivante.

Lorsqu'on a à examiner une série de vinasses de composition analogue, il faut s'assurer d'abord si elles contiennent ou non de l'alcool. On opère alors comme suit : on laisse un échantillon de vinasse pendant quelque temps dans une capsule ouverte et on fait bouillir longtemps, jusqu'à ce que tout l'alcool ait disparu, et on remplace l'eau évaporée. On ramène au volume primitif et on examine le liquide au vaporimètre. Le point où le mercure s'arrête est considéré comme le zéro.

Si donc des vinasses analogues donnent une colonne de mercure plus élevée, on conclut à la présence de l'alcool et par comparaison avec zéro on trouve combien la vinasse renferme d'alcool.

Cependant pour des déterminations quantitatives exactes et

Digitized by Google

surtout pour de petites quantités, la distillation préalable est le seul procédé exact et qui est applicable pour tous les vins, moûts, etc. Le contrôle du zéro ne doit pas non plus être négligé lorsqu'on fait plusieurs expériences successives.

De ce qui précède, il ressort suffisamment que le travail avec le vaporimètre exige de grands soins et de l'habileté pour donner des résultats exacts. Le volume du liquide à analyser est très faible, de sorte que la moindre trace d'une impureté donne une erreur considérable.

d. — L'alcoomètre de Perrier détermine également l'alcool par la tension de la vapeur dégagée par le liquide alcoolique bouillant. L'appareil consiste en un petit cylindre placé sur une lampe à alcool; en son milieu il reçoit un petit tube destiné à recevoir le liquide à examiner ; au-dessus de ce tube se trouve un petit verre rempli d'eau froide. Le tube central est muni d'un manomètre très sensible.

On chauffe ; le liquide entre en ébullition au bout d'une minute environ et le mercure monte rapidement dans le manomètre. La lecture directe de la colonne mercurielle donne la richesse alcoolique en volume. L'opération entière dure trois à quatre minutes. L'appareil se démonte facilement et se met dans la poche.

e. — *Stalagmomètre de Traube.* — La détermination de la richesse alcoolique par le nombre de gouttes avec le stalagmomètre de J. Traube repose sur la différence de capillarité entre l'eau et l'alcool étendu. Si l'on fait couler goutte à goutte d'un récipient muni d'une ouverture capillaire une solution alcoolique, le nombre de gouttes est plus grand qu'avec l'eau pure. Traube utilise ce principe ; il compte les gouttes qu'un volume exactement mesuré d'une solution alcoolique donne en passant par un tube capillaire coudé, et calcule la force alcoolique du liquide au moyen d'une table qui a pour base le nombre de gouttes d'eau à 15° de température = 100. La table étant limitée à 10° alcoométriques, les liquides plus alcooliques doivent être d'abord dilués en deçà de cette limite. Si le liquide contient des substances autres que l'alcool, il faut d'abord en extraire l'alcool par distillation et ramener le produit au volume primitif. Les

Digitized by Google

acides volatils sont fixés par un alcali. La méthode est très sensible pour les alcools ne contenant pas d'huiles de fusel.

f. — *Liquomètre de Musculus.* — On a remarqué que l'ascension des liquides dans les tubes capillaires se manifeste de façons très inégales avec les divers liquides. Artur a constaté, par exemple, que dans un même tube capillaire, la colonne d'eau pure est beaucoup plus haute que celle d'alcool également pur, et qu'entre ces deux points extrêmes, les mélanges d'eau et d'alcool atteignent des hauteurs de plus en plus grandes, à mesure que la proportion d'eau est plus considérable, Musculus, Valson, Garcerie et beaucoup d'autres inventeurs ont construit, à leur tour, des instruments qui séduisent, tout d'abord, par leur extrême simplicité.

L'appareil représenté fig. 56 est construit par Dujardin.

On met dans un verre le liquide à essayer ; on pose sur ce verre une petite planchette P, que traverse à frottement un tube capillaire gradué T : ce tube peut être droit ou courbé On affleure l'extrémité effilée du tube sur la surface du liquide, on aspire le liquide par le sommet du tube, puis on le laisse redescendre, et la division où il s'arrête indique le degré alcoolique cherché.

Fig. 56. — Liquomètre de Musculus.

Ce petit instrument donne des résultats qu'il serait imprudent de considérer comme sérieux ; il est sujet à une foule de causes d'erreurs, qui en font rejeter l'usage. Le tube capillaire est rapidement sali à l'intérieur, et il est impossible de le nettoyer ; il est recommandé de ne pas y introduire de salive, d'éviter les bulles d'air, de tenir compte de la température ; bret, il est assez difficile, au même opérateur, d'obtenir deux fois de suite le même résultat avec le même moût, surtout si sa richesse extractive est un peu élevée, l'instrument étant gradué pour opérer avec des liquides composés d'eau et d'alcool pur.

Digitized by Google

CHAPITRE IV

THÉORIE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

Généralités sur les levures

Les idées sur la fermentation alcoolique en particulier et sur les fermentations en général, ont subi une évolution considérable depuis les découvertes de l'Allemand Buchner, qui a trouvé que la cellule n'est pas la cause déterminante de la transformation des hydrates de carbone en alcool ; mais que cette cause est due exclusivement à la sécrétion d'une diasase spéciale qui peut seule produire le phénomène. Les considérations nouvelles qui rattachent la fermentation alcoolique et très probablement aussi les autres fermentations, acétique, lactique, butyrique aux phénomènes produits par les diastases, marquent une étape nouvelle dans l'étude de la vie des infiniment petits.

La levure alcoolique peut vivre de deux manières : à l'état aérobie, c'est-à-dire au contact de l'air et alors elle transforme le sucre en eau et en acide carbonique. A l'abri de l'air, dans la vie anaérobie, elle joue le rôle de ferment et transforme alors certains sucres en alcool et en acide carbonique. Cette propriété de la levure de bière de produire de l'alcool ne lui est pas exclusive ; d'autres microbes, même des microbes pathogènes, la possèdent, et aussi un assez grand nombre de moisissures, ainsi que l'ont démontré des expériences récentes du Dr Calmette, qui sont la base du procédé à l'*amylomyces Rouxii*.

Il faut de suite dire que lorsque ces moisissures, *aspergillus niger*, *aspergillus glaucus*, *pennicillum glaucum*, *mucor racemosus*, *mucor mucedo*, *mucor circinelloïdes*, *mucor spinosus*, *mucor erectus*, remplissent les fonctions de la levure, leur structure se modifie et les filaments qui les constituent habituellement se transforment en cellules rondes.

La levure alcoolique n'est pas une entité unique et on con-

Digitized by Google

naît un grand nombre d'espèces capables de provoquer les mêmes phénomènes vitaux de décomposition du sucre, à des degrés différents cependant, car certaines levures ne donnent que des quantités très faibles d'alcool. D'autres ferments dont la caractéristique est de former des voiles à la surface des liquides, brûlent dans cet état le sucre lorsque leur vie est aérobie, tandis que dans la vie anaérobie, lorsqu'ils sont immergés dans le sein du liquide, il n'y a pas de formation d'alcool. A cette catégorie de ferments appartiennent les *mycodermes*. D'autres espèces, les *torulacées* ne donnent pas non plus d'alcool.

Il existe aussi des cellules intermédiaires entre les mycodermes et les levures qui donnent aussi de l'alcool.

Ce sont la *mycolevure* de Duclaux et la *Monilia candida* de Hansen. La mycolevure forme 35 0/0 du poids du sucre disparu dans le cas de la vie aérobie. Il ne se forme que de l'acide carbonique. A l'état de levure, l'alcool produit se rapproche de la quantité formée pendant la fermentation alcoolique. Quant à la *Monilia candida* dont la présence est fréquente dans la bouse de vache et sur les fruits blessés, son pouvoir ferment est très lent, mais atteint cependant la même limite que celle des *saccharomyces*. La *Monilia candida* provoque la fermentation du saccharose sans l'invertir, bien que contenant de la sucrase ou diastase qui provoque l'inversion du sucre de canne. Peut-être cette inversion ne se produit elle que dans l'intérieur de la cellule.

Quant aux torulacés ou *torulas*, Duclaux leur assigne une place intermédiaire entre la mycolevure et la *Monilia*.

Les levures dont le nombre est très grand sont caractérisées par leur propriété de ne jamais former de voile superficiel sur les liquides dans lesquels elles se développent. Elles vivent immergées et ne montent à la surface que lorsque la fermentation est achevée.

Accommodation. — Une autre propriété des levures est celle de l'accommodation, à divers milieux différant les uns des autres. Cette propriété a été découverte par Pasteur. Elle consiste à faire vivre la levure sans lui donner de sucre, mais en remplaçant celui-ci par de l'oxygène. Dans ces conditions la levure végète comme un champignon de la vie végétale.

Digitized by Google

Un autre exemple de la modification du milieu et de l'accoutumance de la levure consiste à alimenter la levure avec un autre sucre ; celui-ci est brûlé, la cellule prolifie et vit comme une moisissure sans donner aucune trace d'alcool et en augmentant de poids.

Ces expériences de Pasteur qui datent de 1861 n'ont pas été mises en doute. Leur importance est considérable. Cette propriété des cellules explique la formation de l'alcool pendant la maturation des fruits lorsque ceux-ci sont abandonnés dans un gaz inerte ou dans une atmosphère confinée.

Elle explique aussi la diffusion de l'alcool dans la nature, partout où les levures sont dans des conditions favorables pour que le travail de la fermentation se produise.

Zymase. — La fermentation alcoolique, comme nous le disions en tête de ce chapitre, était concomitante de la présence d'une cellule de levure suivant les idées anciennes. Telle était la théorie admise par tous et à laquelle Pasteur avait accordé l'appui de son autorité. Mais sans savoir exactement comment le phénomène se produisait on admettait l'idée d'une diastase ou zymase sécrétée par la levure, diastase qu'on n'avait pas encore pu isoler. C'est Traube qui a émis le premier l'hypothèse de la zymase, Berthelot l'admettait aussi. Mais il fallut l'habileté de Buchner pour élucider complètement cette importante question.

La présence de la zymase est très difficile à constater. Tandis que la sucrase ou invertine, ou diastase de l'inversion du sucre traverse facilement les parois des cellules, la zymase n'est pas dialysable. Pour l'obtenir il faut desagréger la cellule, la détruire et exprimer le magma obtenu.

Buchner opère ainsi. On broie la levure pressée à une très forte pression hydraulique avec de la terre d'infusoire ou *Kieselguhr*. Puis on presse à 500 atm. et on recueille le liquide dont la quantité est faible. Ce liquide est filtré à travers une masse poreuse, sa densité est de 1,04. Dans cet état il ne renferme plus de cellules de levure. Lorsqu'on l'ajoute avec toutes les précautions d'usage à une solution stérilisée de saccharose, on constate qu'au bout de quelques minutes il se produit un dégagement lent, puis abondant d'acide carbonique qui ne cesse que lorsque le sucre est entièrement décomposé.

Digitized by Google

26 grammes de saccharose ont donné ainsi 12 gr. 4 d'alcool et 12 gr. 2 CO^2. Duclaux établit ainsi l'équation de la décomposition du glucose.

$$C^6 H^{12} O^6 = 2\,C^2 H^6 O + 2\,CO^2$$
$$180 = 92 + 88$$

Cette dislocation du sucre a lieu avec dégagement de chaleur.

La zymase qui a passé dans le liquide exprimé de la levure est bien une diastase et il en possède toutes les propriétés : solubilité dans l'eau, précipitation par l'alcool, destruction de l'action diastasique par la chaleur de 35-40°.

La zymase contenue dans le suc de levure se détruit rapidement, mais à basse température elle s'oxyde. Cette destruction serait due, d'après Buchner à sa digestion par la trypsine ou caséase, contenue dans la levure. Cette opinion est confirmée par la production de tyrosine, d'après Fernbach.

Néanmoins on peut assurer la conservation de la zymase en desséchant le suc de levure dans le vide à basse température. Le rendement est de 14 0/0 d'extrait sec qui se redissout entièrement dans l'eau.

L'action de la zymase est à peu près la même sur le maltose, le saccharose, le glucose et le fructose et la rapidité de la fermentation est à peu près la même, le raffinose fermente aussi avec un peu plus de lenteur. Il en est de même du galactose et du glycogène. Le lactose et l'arabinose ne peuvent fermenter. Un fait extrêmement curieux c'est que la fermentation des sucres par la zymase exige que les saccharides soient très concentrés 15 à 40 0/0. En présence de la levure, la fermentation ne pourrait s'établir dans ces conditions.

Buchner a constaté que la zymase voit son action favorisée par la présence de l'arsénite de potasse, comme cela se passe avec les autres diastases. Le toluène qui agit comme antiseptique avec les cellules semble au contraire favoriser l'action de la zymase.

Accroissement. — Duclaux a étudié la loi de l'accroissement d'une levure dans un liquide sucré. Lorsque la levure se multiplie dans un liquide en couche mince et largement aéré, la courbe de la multiplication est une parabole. Au

Digitized by Google

contraire, dans la vie anaérobie, la courbe est parallèle aux abscisses qui représentent les temps.

Duclaux a de même établi la fonction qui représente le travail de la formation de la levure pendant la vie aérobie.

Soient :

S le sucre consommé.

L la levure produite.

m le sucre nécessaire pour produire l'unité de poids de levure.

l la quantité moyenne de levure.

t la durée de la fermentation évaluée en jours.

n le sucre nécessaire pour entretenir pendant vingt-quatre heures l'unité de poids de levure.

$$S - mL = nlt$$

Dans la vie aérobie $l = \frac{L}{3}$,

on a

$$S - mL = \frac{1}{3} nLt.$$

Il résulte d'expériences concordantes que la levure atteint le quart du sucre et que $\frac{1}{3} nLt = 50$. Donc $n = 6$ et si l'on admet $m = 1{,}5$ $n = 7{,}5$; ce qui veut dire que la dépense d'entretien d'un gramme de levure est de 6 à 7 grammes de sucre par vingt-quatre heures. Ce sucre disparaît entièrement, ou du moins il n'en subsiste qu'une petite quantité à l'état de glycérine, d'acide succinique. Ce phénomène étant absolument analogue à celui de la respiration des êtres vivants montre que l'activité de la levure est 300 fois plus active que l'organisme animal.

Pendant la vie anaérobie les expériences de Pasteur ont donné $n = 2$.

D'ailleurs l'élasticité du nombre n est très grande et diverses expériences faites dans des conditions diverses pour l'accès de l'air ont donné pour n des nombres variant de 2 à 15.

Pouvoir ferment. — Pasteur avait, dès le début de ses mémorables expériences sur la fermentation alcoolique défini le *pouvoir ferment* d'une levure. Ce pouvoir ferment est la

Digitized by Google

quantité de sucre décomposée à la fin d'une fermentation par une trace de cette levure. Si, disait-il, une levure décompose 175 parties de sucre, le nombre 175 sera son pouvoir ferment. C'est le rapport $\frac{S}{L}$ qui est indépendant du temps employé pour effectuer le travail de la décomposition.

Séparation des levures. — Les levures existent toutes formées dans la nature sur les fruits sucrés et leur nature varie avec chaque espèce de fruits. Au moment de la maturation, les cellules de levures sont transportées par l'air dans toutes les directions et peuvent ainsi ensemencer spontanément les liquides sucrés les plus divers. Lorsqu'on les recueille et qu'on veut séparer ces diverses espèces et races, on se heurte à de grandes difficultés, car on les trouve alors complètement mélangées. On utilise pour cela les conditions de vie propres à chacune, et qui sont : le milieu plus ou moins acide, la résistance à une température élevée, le sucre qui est susceptible de fermenter, l'accommodation aux antiseptiques. En résumé la séparation des levures, l'isolement d'une race est une opération très difficile et qui bien souvent n'offre pas toujours une garantie absolue de certitude. Nous ne pouvons naturellement pas entrer dans le détail des procédés employés. Nous dirons cependant que lorsque plusieurs levures sont en présence, il y en a une qui prend une prédominance sur les autres et qui se développe en plus grande quantité ou plus vite. Dans ces conditions, en prélevant successivement des prises de la culture et les ensemençant dans un liquide sucré, au bout de quelques temps on parvient à obtenir une culture qui ne renferme que la levure qu'on désire séparer.

Certaines levures ne se développent qu'après que l'une d'elles s'est complètement développée, il faut donc faire un choix judicieux du moment où l'on doit prélever la goutte qui servira à l'ensemencement ultérieur.

Un autre procédé consiste à étendre énormément le liquide à ensemencer et à en prélever une partie aliquote telle que cette partie ne puisse renfermer qu'une cellule au plus, ou moins. Des divers ensemencements faits, les uns seront stériles et ceux qui auront réussi ne renfermeront qu'une seule cellule ou du moins, sa descendance.

Digitized by Google

Cette dernière méthode est celle de Lister; mais elle ne peut s'appliquer à toutes les espèces, parce que certaines exigent un ensemencement massif pour proliférer.

Lorsqu'on est parvenu à isoler une colonie de levure, on procède à plusieurs cultures successives de façon à bien fixer l'espèce. Ces cultures se font sur des plaques de plâtre stérilisé d'après les indications de Hansen.

Structure des cellules. — Les levures jouissent de la propriété de donner des spores, c'est-à-dire que l'intérieur de la cellule se remplit de granualtions rondes qui font issue au dehors par la rupture de la paroi cellulaire. C'est une des formes de la reproduction des levures. L'autre se fait par bourgeonnement et séparation ultérieure.

Toutes les levures ne peuvent cependant pas sporuler; celles qui ont cette propriété sont les *saccharomyces*, suivant la définition de Duclaux qui définit *non saccharomyces* celles qui ne sporulent pas.

La cellule de levure se compose d'une membrane très fine pour les cellules jeunes, plus épaisse et souvent ratatinée chez les levures anciennes. La membrane cellulaire se compose de deux enveloppes dont la plus solide est la tunique interne. La membrane cellulaire n'est pas constituée par de la cellulose; elle n'est pas soluble dans l'acide chromique et l'acide sulfurique concentrés. Mangin rapproche l'enveloppe de la pectine parce qu'elle présente certaines réactions de ce corps et non celles de la cellulose.

L'étude du contenu de la cellule présente de grandes difficultés. Janssens et Leblanc ont confirmé la présence d'un noyau dans la cellule. Ce noyau est formé d'une tunique très ténue, d'un caryoplasme et d'un nucléole. La cellule est remplie à l'intérieur d'une matière qu'on a nommée le protoplasme.

Reproduction. — La levure se reproduit par les deux modes que nous avons indiqués plus haut, par bourgeonnement et par sporulation.

Dans le premier le nucléole se renfle, s'allonge, forme hernie, puis se sépare de la levure mère et le même phénomène recommence avec la nouvelle cellule.

Digitized by Google

Lorsque la levure forme des chapelets et que les cellules restent soudées entre elles, elles constituent la levure haute ou de fermentation haute. Lorsque les cellules ne restent soudées que par deux où sont isolées, elles forment la levure de fermentation basse.

Dans la reproduction par spores, le noyau s'allonge et il se produit deux noyaux qui se rapprochent bientôt. Ensuite chacun des noyaux suit la même évolution. La cellule renferme alors quatre noyaux; au fur et à mesure que ce travail se poursuit, chaque noyau s'entoure de protoplasme et d'une membrane. Au terme de l'évolution le karyoplasme est formé, la membrane est achevée et la cellule mère ne tarde pas à s'ouvrir, elle éclate sous la pression des quatre nouvelles cellules.

La levure se reproduit très rapidement et suit une loi très simple qu'on peut exprimer par la formule suivante ;

$$t = \frac{T}{n} = \frac{\text{Log } 2\,T}{\text{Log } b - \text{Log } a}$$

dans laquelle :

a est le nombre de cellules ensemencées.

b le nombre de cellules qu'on trouve après un temps T de culture.

n le nombre de générations dans le temps T.

$b = a\,2^n$.

On suppose que les générations se font par bipartition constante et de même durée.

Composition. — La levure a une composition élémentaire simple. Elle renferme du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, du soufre en quantités variables. Cette variation s'explique parce que la composition de la levure est différente suivant l'âge. Il en est de même de la composition des cendres de la levure. Ces cendres renferment comme éléments principaux de l'acide phosphorique et de la potasse.

Au point de vue industriel, la composition de la levure ne présente qu'un intérêt secondaire.

Contrairement aux assertions de Janssens et Leblanc, Schlossberger a trouvé dans la membrane de la cellule une

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

substance analogue à la cellulose qui, traitée par l'acide sulfurique donne un sucre fermentescible.

Quant au contenu de la cellule, sa composition se rapproche de celle des matières albuminoïdes.

La levure produit aussi une matière analogue à l'amidon et qu'on nomme glycogène. Cette substance réside à l'intérieur de la cellule. En outre, elle contient des matières grasses.

En outre de la matière albuminoïde du protoplasme, le nucléole renferme aussi des substances de cette série, corps xanthiques, acides amidés, leucine et tyrosine.

Duclaux résume ainsi la composition moyenne d'une levure normale :

Celluloses.....	37	0/0
Albumines diverses.....	45	
Peptones.....	2	—
Matières grasses.....	5	—
— extractives.....	4	—
— minérales.....	7	—

Nutrition de la levure. — La levure a besoin pour sa nutrition de la présence d'un certain nombre de substances minérales au même titre d'ailleurs que tous les végétaux. Parmi ces substances la principale est le phosphate de potasse, auquel on ne peut substituer le phosphate de soude. Les sels de magnésie sont aussi nécessaires, de même les sels de chaux. La magnésie et la chaux ne peuvent se remplacer. On peut donner à la levure ces trois éléments nécessaires sous la forme de phosphate monopotassique, sulfate magnésien et phosphate tricalcique.

La levure absorbe aussi les sels ammoniacaux, de préférence aux nitrates.

Elle absorbe aussi vigoureusement certaines matières azotées, telle que l'asparagine et les matières albuminoïdes solubles dans l'eau ou dialysables, et aussi des matières hydrocarbonées les plus diverses, acétates, tartrates, glycérine, hydrate de carbone, etc., et l'oxygène de l'air.

Le soufre serait aussi un élément essentiel de la levure, d'après Stern.

En résumé, bien que certains points aient été suffisamment

Digitized by Google

établis, on ne peut affirmer, d'une manière absolue, quelles sont les règles exactes de la nutrition de la levure.

Diastases. — La levure contient un grand nombre de diastases, diastases protéolytiques, diastases dissolvant la gélatine, diastases oxydantes et réductrices, zymase, sucrase, amylase et dextrinase.

Vie anaérobie. — Les notions que nous venons de donner s'appliquent à la vie aérobie de la levure, c'est-à-dire aux conditions de végétation de la cellule considérée comme une plante. Elles subissent de profondes modifications lorsque la levure accomplit, au sein des liquides, le travail de décomposition des sucres, c'est-à-dire pendant la vie anaérobie. A ce moment ce sont les hydrates de carbone qui font les frais de tout le travail qui s'accomplit et dont la cause seule est l'action de la zymase comme l'a démontré Buchner.

Tous les hydrates de carbone ne sont pas capables de subir la fermentation alcoolique et certains, comme le saccharose, $C^{12}H^{22}O^{11}$ subissent l'hydrolyse sous l'influence de l'invertase ou sucrase et se transforment en sucres $C^6H^{12}O^6$, glucose et lévulose avant de subir l'action de la cellule ou de sa zymase.

D'autres sucres d'un intérêt moins immédiat, se transforment d'abord en un sucre fermentescible et en un autre isomère du saccharose. Cet isomère s'invertit plus tard et fermente ensuite complètement. Ces deux stades de la fermentation alcoolique se rencontrent dans la fermentation du raffinose de Loiseau $C^{18}H^{32}O^{16}$ qui donne d'abord du lévulose $C^6H^{12}O^6$ et du mélibiose $C^{12}H^{22}O^{11}$. Ce dernier ne fermente qu'avec la levure basse en donnant d'abord du dextrose ou du glucose $C^6H^{12}O^6$ et du galactose $C^6H^{12}O^6$.

Les travaux sont nombreux sur la fermentation des divers sucres. Toutes les levures ne peuvent faire fermenter indistinctement tous les sucres. Les unes font fermenter un certain nombre de sucres et laissent les autres inattaqués. Néanmoins on peut obtenir la fermentation de ces derniers, en commençant la fermentation avec un sucre fermentescible avec l'espèce de levure.

Pendant la fermentation du sucre interverti, la plus intéressante pour nous, les deux sucres, dextrose et levulose, ne

Digitized by Google

disparaissent pas également sous l'influence du ferment. Ce phénomène a été découvert par Dubrunfant. Le dextrose disparaît d'abord, puis, avant la fin de la disparition du premier sucre, l'attaque du lévulose commence. Les courbes qui représentent l'action du ferment se rapprochent de deux logarithmiques ayant toutes deux pour points de départ et d'arrivée les mêmes ordonnée et abscisse.

Duclaux émet l'hypothèse que la faculté, pour une levure de faire fermenter tel sucre $C^6H^{12}O^6$ ou hexose n'est pas une propriété d'une levure donnée, mais que toutes les races ont théoriquement les mêmes propriétés ; les différences ne résultant que des divers modes de nutrition des levures. Cette hypothèse impliquerait l'idée d'une zymase unique. La science n'est pas encore assez avancée pour décider de la probabilité d'une zymase unique ou d'une diastase spéciale à chaque sucre.

Formule de la fermentation. — Nous abordons maintenant ce qu'on appelle la formule de la fermentation alcoolique. Les recherches, dans le but de déterminer exactement la quantité d'alcool formé, sont très anciennes. Lavoisier avait trouvé que 100 grammes de sucre blanc donnaient 61 gr. 2 d'alcool et 36 gr. 8 d'acide carbonique, Lavoisier partait de cette notion inexacte que la formule du saccharose est $C^{12}H^{24}O^{12}$ au lieu de $C^{12}H^{22}O^{11}$. Plus tard, Dumas et Boullay, assignèrent à la fermentation, l'équation suivante :

$$4\ C^3H^6O + 8\ CO^2 = C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$$

Cette formule, sans être absolument exacte, rend compte suffisamment du phénomène. Plus tard, Pasteur a repris le même sujet, et expérimentalement il a trouvé que 100 parties de sucre de canne (saccharose) donnent les quantités suivantes :

Alcool	51,10
Acide carbonique	49,20
Glycérine	3,40
Acide succinique	0,65
Cellulose, graisses, etc	1,30
	105.65

L'augmentation théorique, c'est-à-dire celle due à l'hydrolyse du saccharose n'est que de 105.25. La différence s'explique par

Digitized by Google

la fixation d'eau pendant la réaction qui donne naissance à la glycérine et à l'acide succinique.

Les résultats ci-dessus ont été appelés l'équation de Pasteur. Ce sont ceux qui font autorité dans l'industrie de la fermentation et auxquels on tend le plus possible à arriver.

L'équation de Pasteur peut se mettre sous forme de notation chimique, en ce qui concerne la glycérine et l'acide succinique.

$$49\ C^{12}H^{22}O^{11} + 109\ H^2O = 24\ C^4H^6O^4 + 144\ C^3H^8O^3 + 60\ CO^2$$

Saccharose Eau Ac. succinique Glycérine Ac. carbonique

La fermentation étant due à l'action d'un végétal, toutes les circonstances qui agissent sur les plantes doivent exercer une influence sur la fonction vitale de la levure. Parmi ces facteurs, le temps et les quantités de levure et de sucre jouent un rôle important. Dumas a établi les lois suivantes :

1. Les temps de disparition de quantités inégales de sucre sous l'influence du même poids de levure augmentent comme ces quantités.

2. Les durées de fermentation de quantités égales de sucre par des poids différents de levure sont inversement proportionnelles à ces poids.

Ces deux lois représentent les deux formes d'une même loi.

Melsens et aussi Regnard ont fait des expériences sur la fermentation sous pression. Ils ont reconnu que le pouvoir ferment ne disparaît pas sous une pression, de 8.000 atmosphères. La levure ne fermente pas sous cette pression mais la fermentation part aussitôt qu'elle cesse. La fermentation ne cesse pas non plus à une pression inférieure à la pression atmosphérique. Elle semble même plus active.

La température exerce également une action très complexe. Le froid appliqué trop longtemps tue la levure ; mais lorsque l'action ne dure pas longtemps, la levure ne subit qu'un retard dans son pouvoir ferment. Pictet a aussi exposé la levure pendant quelques minutes à 200° sans inconvénient.

Au contraire du froid, la chaleur exerce une action plus intense sur la levure. A l'état sec Hoffmann a exposé la levure à la chaleur pendant quelques instants à 216° sans la tuer. Mais la levure humide ne peut supporter une température supérieure à 66-70°, sans être stérilisée par coagulation des dias-

Digitized by Google

tases et du protoplasme. A 70° la levure se liquifie. On peut établir comme principe que la levure résiste d'autant mieux à la chaleur que son humidité est moindre.

Quant à la zymase, Buchner et Rapp ont reconnu que l'activité fermentative se développe le plus entre 30 et 53°, mais pour des raisons que nous étudierons plus loin, on conserve à la fermentation une température plus basse. A 0° la fermentation est très lente à 51-54°, elle se ralentit et à 55° elle cesse. On peut admettre 45° pour la limite qu'on ne doit pas dépasser et qui serait celle où la fermentation est le plus active.

L'électricité n'a qu'une influence très faible et peu établie sur la levure. Il en est de même de la lumière qui exerce une action retardatrice lorsqu'elle est trop vive.

Le facteur le plus important pour la conservation de la levure est le temps. Duclaux a fait de nombreux essais en utilisant les flaçons de Pasteur qui dataient de 1871 et il a reconnu que la longévité d'une levure est moins grande dans les liquides acides ou alcalins ou en l'absence d'oxygène. La conservation augmente lorsqu'il y a, en présence, une matière nutritive, par exemple du sucre, et que l'air peut avoir accès. Dans ces conditions, la levure peut vivre plus de 25 ans.

Hansen a essayé aussi de résoudre le même problème en se servant de solutions de saccharose à 10 0/0 et en étudiant 42 espèces. Les espèces qui ont résisté le plus longtemps sont: les *saccharomyces pastorianus II*, *pastorianus I*, *ellipsoideus I* et *exiguus*, pendant seize ans. Le temps de résistance des autres est le suivant : *S. cerevisiae I*, 11 ans, *S. anomalus*, 5 ans. Dans l'eau les levures résistent moins longtemps, Le *S. cerevisiae*, 1 an. Les levures sauvages (Wilde Hefen, ou Wilde Rassen) résistent encore plus longtemps.

Lorsque la levure est conservée dans des vases fermés, la vie cesse rapidement. Le meilleur mode de conservation consiste à boucher les fioles avec un tampon d'ouate.

Les levures desséchées ont une conservation plus courte.

La levure a besoin d'oxygène pour se reproduire. Ce principe trouve son application immédiate en distillerie dans l'aération des moûts, qui a pour but d'augmenter la quantité de levure, sans que cette production se fasse trop au détriment du sucre, qu'on destine à être transformé en alcool.

Digitized by Google

Le pouvoir ferment est la faculté que possède la levure de se reproduire en plus ou moins grande abondance.

Le pouvoir de la fermentation est la quantité de sucre transformé en alcool par l'unité de poids de levure.

Schutzenberger a nommé énergie du ferment (en allemand *gaehrkraft*) la quantité de sucre décomposé par l'unité de levure dans l'unité de temps.

L'oxygène exerce aussi une influence sur la zymase de la levure, c'est-à-dire sur la levure considérée comme ferment. On a constaté que lorsque l'oxygène a un accès très facile sur la levure, la zymase ne se produit pas, ou seulement en petite quantité, ou encore si elle se forme son action décomposante est annihilée probablement par cette abondance d'oxygène. On peut encore expliquer cette action par l'oxydation rapide de la zymase du suc de levure, d'après Buchner, dont la faculté décomposante est très rapide pendant l'existence anaérobie de la levure.

La levure a cependant besoin d'oxygène, même dans la vie anaérobie, car lorsque cet élément n'existe pas, la levure ne se reproduit pas et la fermentation se ralentit, ce qui montre que la zymase n'est pas sécrétée, La fermentation dans ce dernier cas dure très longtemps. On peut lui donner une activité nouvelle en donnant accès à l'air, même en quantité infinitésimale.

De l'ensemble de ces faits relatifs à l'action de l'oxygène, on établit les principes suivants dont l'importance pratique est considérable.

La levure fortement aérée se multiplie et donne peu d'alcool.
La levure peu aérée se multiplie peu et donne beaucoup d'alcool.

Le levure privée d'oxygène ne se multiplie pas et ne donne que des traces d'alcool.

Ici interviennent de nouvelles définitions. Duclaux a nommé énergie de multiplication et pouvoir de multiplication les rapports du nombre des cellules existant au bout de quatre jours et à la fin de la fermentation au nombre des cellules ensemencées.

Des considérations ci-dessus il résulte que pendant la fermentation alcoolique, la levure se forme aux dépens de l'oxy-

Digitized by Google

gène et que le sucre presque tout entier est transformé en alcool et acide carbonique.

Une autre condition importante pour le distillateur, et qui est en rapport avec l'action de l'air sur la levure, est la necessité de n'employer que des levures que l'on n'a pas soustraites à l'action de l'air.

Autophagie. — La levure alcoolique passe très facilement de l'état plante à l'état ferment. Il suffit dans le premier cas de donner de l'oxygène et dans le second de le supprimer. Mais il se produit des phénomènes secondaires lorsqu'on fait intervenir le rapport des poids de levure et de sucre. Si la quantité de levure n'est pas supérieure à 40 p. 100 du poids du sucre, lorsque ce dernier a disparu la fermentation cesse brusquement. Mais lorsque ce rapport augmente, c'est-à-dire lorsque l'égalité tend à se faire entre les poids de levure et de sucre en présence, la fermentation ne cesse pas après la disparition complète du sucre, la levure continue son travail de dissociation, et ne trouvant plus de sucre, elle attaque sa propre substance. C'est ce qu'on a nommé l'autophagie de la levure. Cette autophagie n'est donc que l'exagération d'un phénomène normal suivant l'expression de Duclaux.

Béchamps a étudié longuement les produits de l'autophagie de la levure. Il y a trouvé de l'acool, de l'acide acétique, de l'acide carbonique, de l'azote et en outre : 1° Une albumine se rapprochant de la caséine et différente de celle de l'œuf ;

2° De la sucrase ;

3° Une gomme donnant de l'acide mucique par oxydation, dextrogyre et sacchariflable ;

4° De la levure et de la tyrosine ; en outre un résidu étudié par Schutzenberger qui y a rencontré de la carnine, de la xanthine, de la guanine.

La quantité d'alcool formé pendant l'autophagie de la levure est assez importante. Liebig l'a trouvée égale à 12,50 p. 100 de la levure sèche au bout de 36 heures. Dans un cas, pour la même durée, ce nombre a été de 13,80 p. 100.

Théorie de la fermentation alcoolique. — La fermentation alcoolique, est la décomposition de sucre sous l'influence d'un

Digitized by Google

ferment figuré qui donne, comme produits principaux, de l'alcool et de l'acide carbonique.

Si l'on mélange une petite quantité de levure avec une solution sucrée étendue, on observe les phénomènes suivants : au bout de quelque temps, des bulles de gaz se dégagent, le liquide se met en mouvement, se couvre de mousse et la saveur sucrée disparaît pour faire place à une autre. Le gaz engendré est l'acide carbonique et la nouvelle saveur du liquide est celle de l'alcool, Lorsque le dégagement de gaz a cessé, le liquide redevient clair et le sucre a disparu entièrement ou en grande partie, en produisant une quantité équivalente d'alcool et d'autres corps en quantité plus faible ; la solution contient en outre de l'acide carbonique dissous. Le liquide est alors fermenté et l'action chimique qui l'a fait passer dans ce nouvel état est appelée fermentation alcoolique ou vineuse. L'esprit de vin peut être extrait du liquide par évaporation ou par distillation.

Si maintenant on examine la levure, on trouve qu'elle a également subi une modification; elle est devenue inactive ou elle est morte, c'est-à-dire incapable de provoquer une nouvelle fermentation.

Il en est tout autrement si l'on met en fermentation, non une solution de sucre pur, mais une solution sucrée impure, c'est-à-dire qui contient, outre le sucre, certaines combinaisons azotées et minérales, comme c'est le cas, par exemple, de l'extrait de malt, des moûts de grains, du jus de betterave. On trouve alors à l'achèvement de la fermentation, outre la levure morte, inactive, de la levure nouvelle capable de provoquer de nouveau la fermentation.

La fermentation est donc accompagnée ici de la formation de nouvelle levure; en effet, la fermentation de liquides de la nature de ceux que nous venons de désigner est aussi une source de levure.

Pour expliquer l'action de la levure sur le sucre, on admettait autrefois, d'après la théorie de Mitscherlich, une action catalytique ou de contact ; plus tard, Liebig enseigna que la fermentation est accompagnée d'une certaine décomposition de la levure, et que cette décomposition est due à l'oxygène de l'air et se communique aussi au sucre. Il admettait un certain mou-

Digitized by Google

vement des molécules de la levure qui, par son contact, immédiat avec celles du sucre, sé transportait sur ce dernier d'une façon mécanique et déterminait ainsi sa décomposition en produits de la fermentation.

Dans ce processus, le mouvement se communiquerait également aux molécules des matières albuminoïdes qui peuvent se trouver dans la solution et leur décomposition donnerait lieu à la formation de nouvelle levure.

Cette explication ne devait pas résister à l'examen microscopique, qui montra que la levure n'est pas une combinaison chimique sans forme déterminée, mais bien un corps organisé ayant une forme sphérique plus ou moins elliptique, possédant une activité vitale qui le rapproche des végétaux inférieurs, tels que les algues, les moisissures, etc. La levure est en effet une plante, et se compose de cellules simples ou globules à parois élastiques qui renferment un liquide et une masse molle plus ou moins granuleuse, suivant l'âge, et qui est le protoplasma.

Cette masse granuleuse se meut constamment d'un mouvement tourbillonnaire spécial dans le liquide.

Lorsqu'on introduit ce végétal microscopique dans une solution qui, en outre du sucre, contient des matières minérales et azotées, et lorsque les conditions extérieures sont celles du développement de la levure, celle-ci se développe, se multiplie, prolifie et enfin meurt. C'est pour cela qu'après la fermentation on trouve dans le liquide de la levure, à tous les degrés de sa vie végétative : des globules de levure active nouvelle, des globules en plein bourgeonnement, d'autres qui se trouvent dans la dernière phase de leur activité vitale, enfin de la levure morte.

La première de ces levures recommence à végéter si on la met dans un liquide où elle trouve toutes les conditions favorables à son développement et elle meurt à son tour après avoir donné naissance à de nouvelles cellules.

On voit maintenant pourquoi la levure ne se reproduit pas dans une solution de sucre pur, pourquoi celle qui y a été introduite meurt après avoir accompli sa fonction, car la prolifération ne peut se faire qu'à la condition que la cellule trouve les éléments nutritifs, — combinaisons azotées et phosphori-

Digitized by Google

ques — nécessaires à la formation de l'enveloppe et du liquide plasmique de la cellule.

Cependant cette règle n'est pas absolument exacte : il se forme une certaine quantité de levure nouvelle dans les solutions de sucre pur; mais cette levure se forme par autophagie de l'ancienne levure morte, qui sert ainsi d'élément nutritif à la nouvelle. Toutefois, cette formation est très restreinte. L'activité vitale de la levure est accompagnée de la décomposition du sucre qui est en contact avec la levure.

Quant à la cause de cette connexité entre la végétation de la levure et la décomposition du sucre, on en donne une foule d'explications. La plus généralement acceptée est celle basée sur l'hypothèse de Naegeli qui, est la suivante : La fermentation est le résultat de l'état vibratoire de la molécule, des groupes d'atomes et des atomes de diverses combinaisons formant le protoplasma vivant de la cellule, qui restent chimiquement inattaqués et qui agissant sur la matière fermentescible, y détruisent l'équilibre moléculaire et les décomposent.

Tandis que la théorie mécanique de Liebig suppose des combinaisons azotées facilement décomposables qui, par leur décomposition dans la cellule de levure, produisent de l'acide carbonique, la théorie physico-moléculaire de Naegeli fait partir du protoplasma vivant de la levure le choc qui doit décomposer les matières fermentescibles, et c'est en cela que Naegeli diffère de Liebig qui le fait partir d'une catégorie de combinaisons déterminées.

Le protoplasma qui est, d'après Naegeli, le point de départ du mouvement moléculaire, ne subit dans son hypothèse aucune modification ; le mouvement résulte, au contraire, des vibrations qui se produisent dans les molécules du plasma.

Quel que soit l'intérêt qui s'attache à cette hypothèse, la pratique ne peut en tirer qu'un profit indirect. Il suffit pour elle de connaître exactement la nature et les propriétés de la levure, les conditions de sa prolifération et de son activité, afin de s'assurer que dans son application cette activité sera bien accompagnée de la décomposition du sucre en alcool et en acide carbonique.

Digitized by Google

Aucun phénomène chimique ne peut provoquer dans un liquide sucré la transformation en alcool et en acide carbonique. Ce que les nombreuses théories de la fermentation n'ont pu expliquer jusqu'ici peut l'être facilement par la théorie de Naegeli, parce que dans cette dernière la fermentation est liée avec l'activité vitale de la cellule de levure.

On a vu plus haut que la découverte de la zymase ou sucrase renverse complètement les anciennes théories de la fermentation alcoolique.

Les hypothèses de Berzélius et de Mitscherlich, d'après lesquelles la levure agit seulement par son contact immédiat sur le sucre contenu dans le liquide en fermentation, ont été contredites par les faits, car dans de nombreux cas, et sous l'influence de divers sels, la levure, le sucre et l'eau ont pu se trouver en contact sans que la fermentation se soit produite, bien que le sucre ait été interverti au préalable par la levure comme dans la fermentation.

Bilan de la fermentation. — Pendant la fermentation, les produits formés n'existent pas en proportions absolument définies et celles-ci sont sujettes à des variations dont les causes sont nombreuses et complexes.

En outre il n'est pas toujours facile de doser exactement les corps qui se forment pendant la fermentation, parce que, en outre de leur faible quantité, les moyens analytiques dont on dispose sont souvent imparfaits ou incertains.

Pasteur a montré qu'une fermentation normale doit donner les nombres suivants :

Alcool.....	51.0	
Acide carbonique.....	49.1	105.6
Reste.....	5.5	

Or 100 de saccharose correspondant à 105.26 de sucre interverti, l'égalité n'existe qu'à peu de chose près et suppose l'entrée dans la réaction d'une certaine quantité d'eau.

La glycérine et l'acide succinique se forment d'après les formules suivantes :

$$7\ C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O = 12\ \underset{\text{Glycérine.}}{C_3H_8O_3} + 6\ CO_2$$

$$7\ C_6H_{12}O_6 + 6\ CO_2 = 12\ \underset{\text{Acide succinique.}}{C_4H_6O_4} + 6\ H_2O$$

Digitized by Google

Ces équations peuvent se condenser en une seule :

$$7\ C^6\ H^{12}\ O^6 = 6\ \underset{\text{Glycérine}}{C_3H_8O_3} + 6\ \underset{\text{ac. succinique.}}{C^4H^6O^4}$$

L'équation générale de la fermentation alcoolique qui se rapproche le plus de la réalité est la suivante :

$$\underset{\text{Glucose}}{1000\ C^6H^{12}O^6} + 30\ H^2O = \underset{\text{Alcool.}}{1902\ C^2H^6O} + \underset{\text{Glycérine}}{72\ C^3H^8O^3} + \underset{\text{Ac. succinique}}{12\ C^4H^6O^4} + \underset{\text{Ac. carb.}}{1932\ CO^2}$$

La quantité de glycérine formée varie de 2,5 à 3,6 0/0 du sucre et celle de l'acide succinique de 0,5 à 0,7. Le rapport 5.5 entre ces deux corps reste sensiblement constant.

Ces deux corps se forment d'autant plus que la fermentation est plus longue, et que la levure est plus âgée ou que les éléments nutritifs sont en plus faible quantité.

Les fermentations défectueuses donneront donc toujours relativement plus de glycérine et d'acide succinique. La gycérine se forme vers la fin de la disparition du sucre, tandis que l'acide succinique va plutôt en décroissant.

Pasteur en saccharifiant la cellulose de la levure par l'acide sulfurique est parvenu à doser ainsi la cellulose formée pendant la fermentation alcoolique.

On ne sait pas encore bien si le sucre se fixe sur les matières azotées qui servent à la nutrition de la levure et prend part à la formation des matières albuminoïdes de la levure.

Les acides gras se forment en quantités très faibles pendant la fermentation alcoolique ; leur origine est due au sucre. Duclaux a fait voir que ces acides sont des produits d'excrétion de la levure et qu'il s'en produit même lorsqu'il n'y a pas de sucre en présence. L'acide gras qui domine est l'acide acétique.

L'aldéhyde acétique existe dans les produits de la fermentation alcoolique, mais on ne sait encore rien sur les circonstances qui président à sa formation.

Quant aux alcools supérieurs, les fermentations en contiennent toujours. Claudon et Morin ont fait fermenter 100 kilos de sucre avec une levure elliptique, ils ont trouvé les nombres suivants :

100 kilos de sucre ont donné :

Digitized by Google

Alcool éthylique.....	51,615	0/0
Glycérine.....	2,12	—
Acide succinique.....	0,452	—
Acide acétique.....	0,2053	—
Isobulylglycol.....	0,158	—
Alcool amylique.....	0,051	—
— propylique normal....	0,002	—
— isobutylique..	0,0015	—

Les alcools supérieurs se forment aussi lorsque la fermentation se fait à une température élevée.

Lindet a fait à ce sujet des expériences très intéressantes, il supposait que si les alcools supérieurs sont toujours dans un rapport constant avec l'alcool éthylique formé, on doit admettre qu'ils se forment réellement par la décomposition du sucre par la levure au même moment où celle-ci forme l'alcool ; si, au contraire, la proportion des quantités des alcools supérieurs par rapport à l'alcool éthylique varie pendant la fermentation, il faut alors admettre une autre cause.

Lindet est parti d'un moût composé de 8 kilogrammes de riz, 8 kilogrammes de seigle, 8 kilogrammes de malt par hectolitre de moût. Il prépara ainsi 4,2 hectolitres qui furent acidifiés par de l'acide sulfurique étendu ($2^{gr}6$ SO^4H^2 par litre), puis il mit en fermentation avec 750 grammes de levure dans une cuve fermée. La fermentation dura trente-huit heures et se fit normalement. La température monta de 20 à 27°C et tomba ensuite à 20 degrés.

Après quatorze heures de fermentation on préleva de ce moût 150 litres, après vingt heures, 110 litres et après trente-huit heures 80 litres qui furent distillés. On obtint ainsi trois produits différents de distillation. Au moment des prélèvements, le moût avait pour force alcoolique respectivement 1°,84, 3°,44, 6°,27. Le reste du moût fut encore abandonné à lui-même pendant quatorze heures après l'achèvement de la fermentation, puis distillé.

Les quatre résidus de la distillation furent concentrés dans la colonne, les alcools furent fractionnés par distillation et dosés. Toutes les distillations furent faites dans des conditions semblables et les alcools obtenus montraient entre eux une grande diversité.

Digitized by Google

Durée de la fermentation après l'addition de la levure Heures	Alcool dans 100 de moût cm³	Alcool à 100° obtenu par la distillation Litres	Alcools insolubles cm³	Alcool insoluble par litre d'alcool éthylique cm³
14	1.84	28.0	10.2	3.64
20	3.44	26.5	11.8	4.45
38	6.27	25.55	17.1	6.44
62	6.55	26.3	24.2	9.20

La formation continue des alcools supérieurs ressort encore mieux lorsqu'on calcule la quantité de ces alcools qui se forment pendant un temps donné par rapport à la quantité d'alcool éthylique formé dans le même temps. Il en résulte que les alcools supérieurs ne se forment qu'en très petite quantité au commencement ; mais, lorsque la fermentation est achevée, ils augmentent rapidement, ainsi que le montre le tableau suivant :

DURÉE	Alcool formé dans 100 litres de moût Litres	Alcools supérieurs dans 100 litres de moût cm³	Dans les litres d'alcool formé il y a les quantités suivantes d'alcool supérieur cm³
0 à 14 heures...	1.84	9.62	0.36
14 à 20 —	1.60	8.69	0.54
20 à 38 —	2.83	25.13	0.88
24 heures après la fin de la fermentation.	0.28	39.82	14.07

D'après ces résultats, on ne peut admettre que les alcools supérieurs se forment par la fermentation normale du sucre ; il y a donc lieu de rechercher d'autres causes de leur production.

D'abord il faut se rappeler que la levure a une tendance à se décomposer lorsque, à la fin de la fermentation, tout le sucre a été transformé et que la levure attaque son propre hydrate de carbone, le glycogène. La formation des alcools supérieurs par transformation de ce corps n'est pas impossible. Cette formation peut encore être attribuée à de petits organismes dont l'évolution est paralysée par l'activité de la cellule de levure au début de la fermentation.

Digitized by Google

Lindet tire de ses observations quelques conclusions intéressantes.

Le vin et la bière, etc., prennent pendant la fermentation complémentaire une odeur particulière qu'ils ne possédaient pas pendant la fermentation principale ; il se forme pendant cette fermentation des éthers qui proviennent de l'alcool et des acides. En même temps il se forme des alcools supérieurs qui ont une odeur repoussante lorsqu'ils sont en grande quantité et qui forment les bouquets lorsqu'ils sont en petite quantité. Si une boisson doit avoir un bouquet, il faut laisser la fermentation complémentaire s'accomplir. Il est à peine nécessaire de faire remarquer que cette fermentation doit être évitée, lorsqu'il s'agit de produire un alcool sans odeur étrangère. Plus longtemps on laisse séjourner les liquides fermentés avant de les distiller, plus on s'expose au danger d'obtenir des alcools supérieurs et de diminuer le rendement en alcool éthylique.

Pasteur a reconnu le premier qu'il se produit pendant la fermentation des substances odorantes ou ayant une saveur spéciale. Cette observation peut surtout s'appliquer à la bière dans lesquelles le *saccharomyces pastorianus* ou ses variétés donne un goût vineux.

Ces propriétés des levures sont utilisées dans l'industrie pour donner aux fermentations une meilleure allure par l'emploi des levures pures de vins susceptibles de donner avec des cépages médiocres, des produits dont le bouquet rappelle ceux obtenus avec les moûts originaux. On les applique encore en distillerie afin d'obtenir des alcools plus purs, plus parfumés. Nous reviendrons plus loin sur ce chapitre. Ces procédés ont été appliqués pour la première fois par G. Jacquemin. Ils ont fait faire un grand pas à l'industrie des fermentations industrielles.

Les bouquets des vins ont une origine peu connue. Ils proviennent, pour une partie certainement, des produits formés pendant la fermentation, et pour l'autre des éléments divers introduits dans la vendange par les raisins.

Mais si les fruits naturels apportent des bouquets agréables, les fermentations industrielles, et spécialement celle qui nous occupe, la fermentation des jus de betteraves introduisent

Digitized by Google

dans les moûts fermentés des produits à odeur repoussante, qu'une distillation bien faite et une rectification soigneuse permettent d'éliminer complètement.

Lorsque la fermentation est achevée, la levure a cessé de décomposer le sucre, puisque celui-ci a disparu, mais elle peut attaquer l'alcool si l'on prolonge le contact de la levure avec le moût fermenté. C'est alors que l'aldéhyde se produit et forme le premier stade de la destruction de l'alcool.

Quant à la glycérine, elle disparaît très lentement après la fermentation.

Les acides sont détruits en commençant par les acides fixes puis viennent les acides volatils mais cette règle n'est pas absolue car il y a souvent augmentation de l'acidité volatile.

Action des antiseptiques. — La levure étant un végétal est sensible à toutes les conditions extérieures de la vie et en particulier aux subtances chimiques dont les unes, mêmes à très faible dose, sont un véritable poison pour elle et la tuent en très peu de temps. D'autres à faible dose exercent une influence retardatrice sur le développement de la cellule.

Ces corps sont les *antiseptiques.*

On a étudié l'action d'un certain nombre d'entre eux sur la levure: phénol, sulfate cuprique, sels de fer, de plomb, de mercure, formol ou aldéhyde formique, acide fluorhydrique et fluorures, acide sulfureux et sulfites à bases alcalines, acides, gaz, etc.

La levure, bien qu'ayant toujours une réaction acide ne peut vivre au delà d'une acidité déterminée; avec l'acide acétique l'acidité ne doit pas dépasser 2 gr. 7 d'acide par litre d'après Lafar. Cependant on peut faire fermenter des moûts contenant jusqu'à 18 grammes d'acide acétique par litre.

En général, la fermentation est plus active avec les moûts neutres qu'avec les moûts acides.

On a reconnu aussi que les acides n'ont pas la même action antiseptique sur les divers ferments. Cette propriété très importante est utilisée dans la fermentation des jus de betterave.

Le sulfate de cuivre à $\frac{1}{2000}$ est mortel pour la levure.

La saccharine de Fahlberg prônée pour conserver les bois

Digitized by Google

sons n'aurait pas de pouvoir antiseptique, d'après Burkard et Seyfert.

Le borax n'a pas une action antiseptique bien marquée. L'eau oxygénée tue la levure.

Nous résumons dans le tableau suivant, d'après Biernacki les doses mortelles qui provoquent l'arrêt de la vie de la levure et sa précipitation.

	Doses mortelles mgr. par litre de liquide	Dose accélérante mgr. par litre de liquide
Sublimé ($HgCl^2$)	50	1,2 à 2
Permanganate de potasse	100	
Sulfate de cuivre	250	
Brome	250	2.5
Thymol	333	
Acide benzoïque	500	
Acide salicylique	1.000	500
Quinine	2.500	
Phénol	5.000	
Acide sulfurique	10.000	
Résorcine	10.000	
Pyrogallol	20.000	
Acide borique	40.000	
Hydrate de chloral	40.000	

On trouve un phénomène curieux dans l'action des antiseptiques : c'est que ceux-ci favorisent d'abord la vie de la levure, puis l'entravent.

Les produits de la décomposition du sucre, l'alcool et l'acide carbonique sont aussi des antiseptiques et, à un moment donné, ils provoquent un ralentissement de la fermentation et, plus tard, un arrêt.

Les alcools sont antiseptiques aux doses suivantes.

	Alcool par litre
Alcool méthylique	20
— éthylique	150
— propylique	100
— butylique	25
— amylique	10
— caproïque	2
— caprylique	1

Effront a étudié l'action antiseptique du fluorure d'ammonium. Il fait fermenter la levure en présense de ce sel dont le

Digitized by Google

quantité est variable et dans une solution de maltose. Après 15 heures de bain-marie à 30 degrés on refroidit à 5-8 degrés.

On constate que les cellules sont alors plus grosses, plus transparentes et que, transplantées dans des moûts à fermenter, elles deviennent plus actives et ce, d'autant plus qu'elles proviennent d'un moût plus antiseptisé.

Accoutumance. — L'accoutumance est la faculté d'une levure de vivre en présenee d'un antiseptique qui au début pourrait la tuer . L'accoutumance ne se produit que petit à petit ou par sélection. Effront a étudié l'action de l'acide fluorhydrique sur la levure. Il a reconnu que cet acide agit comme les fluorures et qu'il est même plus actif. Employé à raison de 0 gr. 01 à 0 gr. 05 par litre, l'acide fluorhydrique active le pouvoir ferment et augmente le rendement alcoolique. Lorsqu'on porte la quantité à 3 grammes, la cellule de levure est amortie mais reprend son activité dans un millieu plus nutritif. Elle s'accoutume aussi à l'antiseptique.

Ces levures étant très employées maintenant, voici comment on les les prépare. On fait fermenter la levure dans un moût à 0 gr. 2 HFl par litre. Quand le quart du sucre a disparu, on ajoute 0 gr. 1 HFl et on fait fermenter à moitié. On prélève 100 cm^3 de moût, on ajoute 900 cm^3 de jus frais auquel on a ajouté 4 mgr. HFl par litre. On opère comme plus haut et on arrive à 0 gr. 6 HFl. On ensemence une troisième fois à 0 gr. 7. On continue ainsi jusqu'à ce qu'on arrive à 3 gr. HFl par litre. Ces levures peuvent être ensemencées dans des moûts ordinaires et leur descendance être ensemencée dans des moûts fluorés sans que la fermentation soit retardée.

Les résultats industriels obtenus par Effront sont remarquables. On économise la levure, on augmente la proportion de sucre destiné à être transformé en alcool, puisque la quantité de sucre destiné à former la levure a diminué. Enfin les levures fluorées permettent de travailler des moûts fortement antiseptisés, ce qui diminue les chances d'une consommation des fermentations par les ferments étrangers.

En résumé les levures fluorées permettent de réduire le pouvoir de multiplication et d'augmenter le pouvoir ferment.

Un autre résultat de l'augmentation de l'alcool est la dimi-

Digitized by Google

nution de la glycérine et de l'acide succinique. Effront a trouvé que la glycérine est dix fois moindre qu'avec la levure ordinaire.

Persistance des propriétés des levures. — Nous entrons maintenant dans l'étude des propriétés physiques des levures et dans l'examen de ce qu'on pourrait appeler leurs constantes physiques.

La forme d'une levure n'est pas constante pour une même espèce et dans une culture provenant d'une cellule unique on rencontre des levures rondes, ovales, allongées, grosses petites. Hansen a reconnu par l'étude du *saccharomyces Ludwigii* que si l'on cultive en cellule unique les diverses modifications que présente cette levure, on arrive à trois formes de végétation dont l'une peut former une sporulation très abondante, l'autre très peu et la troisième ne sporule dans aucun cas. On explique cette propriété en disant que la première cellule a été engendrée par une cellule à spores et les autres par des cellules ne renferment pas d'acospores.

Les cellules sans spores ne reprennent la faculté de sporuler qu'après un grand nombre de cultures mais toujours faiblement, tandis que si l'on fait une de ces cultures dans du glucose à 10 0/0 la sporulation reprend immédiatement.

Les propriétés héréditaires des levures n'ont donc pas été annihilées et on voit là un exemple de l'influence de milieu sur la conservation de cette faculté.

Le *saccharomyces Pastorianus* cultivé par Hansen à la température limite où le bourgeonnement cesse, mais supérieure à celle où la sporulation se produit, perd sa propriété de sporuler et ne la retrouve plus. Le bourgeonnement devient plus énergique et la reproduction ne se fait plus jamais par les spores.

D'autres levures, par exemple le *schizosaccharomyces octosporus*, prennent des couleurs différentes, les blanches se reproduisent par spores, celles brun-clair ne renferment pas de spores, les autres légèrement brunes renferment des cellules non sporulées et des ascospores. Les colonies blanches peuvent donner des cellules brunes et vice versa. Mais il se dégage

Digitized by Google

une conclusion de cette étude : c'est que les cellules asporogènes ne fournissent jamais de spores.

Les levures ne forment à la surface des liquides qui ont cessé de fermenter que des voiles souvent imperceptibles à l'encontre du *mycoderma aceti* ou des moisissures. Ces voiles ne se forment que lorsque les levures prennent le contact de l'air. Hansen a démontré que les levures à voiles proviennent de levures acosporigènes et que les deux propriétés sont concomitantes.

La quantité d'alcool formé par une race de levure est aussi différente pour une même race de levure, suivant la variété utilisée.

Duclaux a soulevé la question de savoir ce que deviennent les levures transplantées dans d'autres milieux. Cette question très importante n'a pas encore été étudiée bien à fond. Ces levures conservent-elles leurs propriétés primitives ? — Lindner et Martinand n'ont pas trouvé de changements après des cultures faites dans des milieux très différents de l'habitat ordinaire des levures essayées. Mais comme ces cultures n'ont pas eu une durée suffisamment prolongée, la question reste ouverte, et elle le reste d'autant plus qu'on constate dans la plupart des brasseries et des distilleries une dégénérescence de la levure qui force l'industriel à changer de levure au bout d'un temps plus ou moins long. On reconnaît que les moûts ne sont pas toujours envahis par des bactéries étrangères et si l'on recommence le travail en partant d'une cellule pure, le travail de l'usine reprend dans les conditions de pureté précédentes.

Il faut encore noter que, même en partant d'une cellule pure, d'une même race, il est nécessaire de choisir cette cellule et de ne la prendre que si elle a les mêmes formes que celle qui a donné le travail dont on était satisfait. Ces circonstances ont une grande importance en brasserie, certaines cellules d'une même race donnant une bière amère et d'autres produisant une bière douce.

2. — Espèces diverses de levures.

Il existe un grand nombre de classifications des levures.

Digitized by Google

Aucune ne peut prétendre à englober dans des limites générales les diverses espèces de levures dont plusieurs présentent entre elles des caractères très peu tranchés qui font que bien souvent on ne peut les reconnaître les unes des autres.

La classification qu'on peut recommander est celle de Hansen et cependant il ne faut pas lui demander plus que ce qu'elle peut donner, c'est-à-dire une indication et non un moyen infaillible.

Hansen classe les levures en *saccharomyces* et en *non-saccharomyces*. Les premiers donnent des acospores, les seconds n'en produisent pas. Cependant, cette indication n'est pas générale, puisque certaines levures, le *S. Ludwigii* est une race qui bourgeonne et sporule.

Les saccharomyces sont classés en deux catégories, les saccharomyces à sucrase et ceux qui n'en sécrètent pas. Cette règle n'est pas absolue.

Parmi les saccharomyces à sucrase, les uns font fermenter le maltose, les autres ne le font pas fermenter mais font fermenter d'autres hydrates de carbone, le saccharose, le glucose, le lévulose, tels sont pour le second cas les *S. Ludwigii* et *Exiguus*.

Les non-saccharomyces se divisent en races :

1° Qui ne sécrètent pas de sucrase et ne font pas fermenter le maltose, mais décomposent le glucose et le lévulose, par exemple le *S. Apiculatus*.

2° Qui ne sécrètent pas de sucrase et font fermenter le maltose et le glucose, par exemple, la *Monilia candida*.

3° Qui sécrètent de la sucrase et font fermenter aussi le saccharose. A cette dernière catégorie appartiennent les *S. Cerevisiæ I*, *Pastorianus I*, *II*, *III* et *Ellipsoïdeus I*, *II*, qui sécrètent la sucrase et la maltase. Elles ne font pas fermenter le lactose.

Saccharomyces cerevisiæ I. — Cette levure de fermentation haute a été découverte par Hansen et se reproduit par spores dont le diamètre est de 3,5 à 6 μ (0^{mm},0035 à 0^{mm},006. Un micron ou μ vaut un millième de millimètre). Les cellules sont rondes.

Saccharomyces Pastorianus I. — Cette levure est une levure basse, elle ressemble au *S. Pastorianus*. Les cellules sont

Digitized by Google

allongées en général. Les acospores ont rarement 5 μ. Leur diamètre moyen est 1,5 à 3,5 μ et leur nombre 1 à 10. Cette levure est celle qui donne la saveur amère à la bière et lu communique une odeur désagréable. Les moûts se clarifient difficilement.

Saccharomyces Pastorianus II. — Levure haute se distinguant très difficilement de la précédente. Le diamètre des spores est de 2 à 5 μ.

S. Pastorianus III. — Le rôle de cette levure est funeste quelquefois en brasserie. Elle est haute. Les acospores ont 3 à 4 μ.

S. Ellipsoïdeus I. — Levure basse de raisins, acospores ordinaires et cloisonnés d'un diamètre de 2 à 4 μ.

S. Ellipsoïdeus II. — Produit le trouble de la bière. Cellules rondes ou ovales. Spores de 2 à 5 μ.

S. Ludwigii. — Rencontrée dans les suintements des chênes. Cellules variables de formes. Cette levure donne très peu d'alcool, sauf avec le glucose, mais la fermentation est très lente. Les spores au nombre de 2 à 8 ont 3 à 4 μ de diamètre.

S. Anomalus. — Levure de bière. Cellules petites, ovales, rarement allongées. Les spores sont en forme de chapeau de feutre demi-ronds et au nombre de 2 à 4 par cellule. Leur diamètre est de 2 à 3 μ. Cette levure donne au malt une odeur éthérée.

Le *S. Acétaethylicus* donne de l'éther acétique. C'est une variété du *S. Anomalus*.

S. Membranæfaciens. — Trouvé dans les racines d'orme. Cette levure n'invertit pas le saccharose et ne fait pas fermenter les sucres. Elle se rapproche des mycodermes. Elle forme des endospores qui ont 4,5 μ dans le plus long diamètre.

S. Marxianus. — Levure de raisin qui donne peu de spores ayant 3,5 μ de diamètre et au nombre de 2 à 4 par cellule. La fermentation alcoolique est lente avec le saccharose et ne se produit pas avec le maltose.

S. Exiguus. — Levure des bières malades. Cellules très petites, irrégulières, ne faisant pas fermenter le maltose, mais faisant fermenter le saccharose.

Digitized by Google

D'autres levures, comme les levures sauvages (*Wilde Hefen*) de Will, les *torulas* sont très répandues dans la nature, font fermenter le saccharose ou l'intervertissent simplement.

Monilia candida. — Les *Monilia* sont des myceliums terminés par des conidies qui font fermenter le saccharose. Les cellules renferment une ou deux vacuoles dont le protoplasme réfringent est animé du mouvement brownien. Cette espèce forme un voile à la surface du liquide.

S. Apiculatus. — Cellule renflée aux extrémités et lui donnant l'apparence d'un citron. Cette levure est basse et ne donne pas de spores. Elle fait fermenter activement le dextrose, mais la quantité d'alcool ne dépasse pas 3 p. 100. Cette levure se rencontre sur le raisin et dans toutes les fermentations vineuses.

Levures industrielles. — Les levures précédentes ne trouvent pas une grande application pour la fabrication de l'alcool.

En brasserie, on partage les levures en levures hautes et basses, selon qu'elles montent à la partie supérieure de la cuve ou qu'elles se précipitent au fond lorsque la fermentation est achevée. Cette classification comprend naturellement toutes les levures qui se trouvent dans le moût de bière.

On croyait autrefois qu'on pouvait transformer en levure haute une levure basse et *vice versa*. Des recherches récentes ont montré que cette croyance est inexacte.

Levures hautes. — En distillerie de betterave, lorsqu'on ne se sert pas des levures spéciales dont l'usage tend à se généraliser, on utilise généralement à l'origine les levures hautes de brasseries. Ces levures, lorsque la fermentation est achevée, ont les cellules presque sphériques, très peu allongées. Transplantées dans un liquide sucré, elles bourgeonnent et toutes les nouvelles cellules restent soudées entre elles sous forme de chapelet. La fermentation se continuant, les cellules se détachent.

La levure haute provoque rapidement la fermentation. Le moût se recouvre de mousse, puis l'acide carbonique se dégage en grosses bulles en entraînant la levure qui forme un chapeau à la surface du liquide.

Digitized by Google

La levure haute se développe abondamment, puisqu'elle a largement le contact de l'air. La fermentation haute se fait à 16-20° dans les brasseries et dans les distilleries à une température plus élevée 25 à 30°.

Levure basse. — La levure basse fermente à 5-6°; elle est plus petite, plus allongée, forme difficilement des chapelets et reste accouplée par deux cellules.

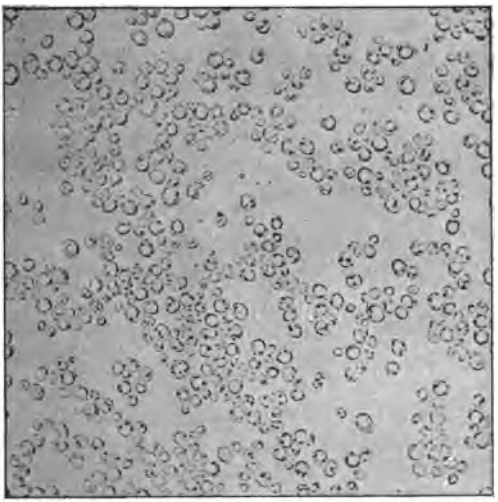


Fig. 57. - Levure haute.

Saccharomyces Cerevisiæ. — C'est la levure de bière ordinaire ou de grains ou de distillerie, mais contenant en mélange un grand nombre de variétés qui font fermenter facilement, complètement et rapidement, les sucres: glucose, lévulose, saccharose. La dextrine et le lactose ne fermentent pas sous son influence.

Pour déterminer la composition chimique de la levure, on doit d'abord en éliminer tous les corps étrangers qui sont mécaniquement mélangés. Par des lavages répétés on enlève d'abord les sels ammoniacaux, les acides acétique et lactique ; les corps solides se précipitent ou flottent à la surface, tandis que la levure se divise dans le liquide.

Digitized by Google

Ainsi purifiée et desséchée, la levure se présente sous forme d'une poudre blanchâtre, inodore. Lorsque les produits aromatiques et les matières grasses ont été enlevées par l'alcool et l'éther, la levure n'a aucun goût et l'apparence des cellules n'en paraît pas modifiée.

Cette levure, ainsi débarrassée des matières étrangères, contient encore 2,5 à 7,0 0/0 de cendres. En ramenant à 100 parties on a la composition suivante :

	Levure haute	Levure basse
Acide phosphorique.....	41,8	39,5
Potasse	39,8	28,3
Soude.....	—	—
Posphate de magnésie.....	16,8	22,6
— chaux.....	2,3	9,7
	100,0	100,0

La levure desséchée et purifiée contient les matières suivantes, d'après plusieurs chimistes :

	C.	H.	Az.	S.	O.
Mulder.....	50,80	7,16	11,08	30,96	
Mitscherlich.....	47,0	6,6	10,0	0,6	35,8
Dumas.....	50.6	7,3	15,0	27,1	
Schlossberger.....	49,53	6,61	11,97	31,89	
—	47,59	6,47	9,78	36,16	
Wagner.....	49,71	6,80	9,17	34,32	
—	44,59	6,04	9,25	40,12	

Payen donne la composition suivante pour la levure :

Matières azotées.....	62,73
Cellulose de l'enveloppe.....	29,37
Matières grasses..... ...	2,10
— minérales..... .	5,80
	100,00

Récemment C. de Naegeli et L. Lœw ont trouvé les nombres suivants pour la composition de la levure.

Digitized by Google

Cellulose de mucilage végétal.....	37 0/0	
Protéine ordinaire.....	36	47 0/0
— facilement décomposable, analogue à la gluten-caséine....	9	
Peptone.....	2	
Matière grasse.....	5	
Cendres.....	7	
Matières extractives.....	4	
	100	

Les nombres qui précèdent ne représentent nullement la composition-type de la levure ; ils donnent plutôt une approximation de sa composition qui dépend de l'âge, des matières nutritives, etc.

Lorsque la levure est exposée humide à l'air, elle se décompose bientôt et donne naissance à des corps analogues aux matières protéiques.

La levure subit diverses modifications sous l'influence de la température :

1. A zéro, la fermentation s'arrête, la levure est en partie détruite et tuée.

2. A + 10° et au-dessous, la fermentation se ralentit, mais ne cesse pas complètement près du point de congélation.

3. Au-dessus de 50° la levure perd sa force de fermentation.

4. A une température proche de la coagulation des matières albuminoïdes, la levure meurt et perd définitivement sa force fermentative.

La levure renferme la diastase soluble dans l'eau, l'*invertine*, ou *invertase*, qui transforme le sucre de canne, non directement fermentescible, en dextrose et lévulose (sucre inverti) directement fermentescible.

Tandis que la levure, comme nous l'avons déjà fait remarquer, perd par la mort son pouvoir fermentatif, le ferment inversif (invertine) ne perd nullement sa force et la levure morte le transmet même plus facilement au liquide environnant que la levure active.

En ce qui concerne la fonction hydrolytique de la levure, elle est basée sur les expériences de Berthelot qui a trouvé que l'eau dans laquelle la levure a été lavée possède, comme cette dernière, le pouvoir d'hydrolyser le sucre de canne et que la

Digitized by Google

substance active peut être précipitée de la solution par l'alcool. O' Sullivan est cependant arrivé à un résultat contraire. Les recherches de cet auteur ont montré que la levure active n'abandonne rien à l'eau de son *invertase* lorsqu'on la lave ; que si on l'agite avec du sucre, l'hydrolyse se produit sous l'influence immédiate du plasma de la cellule et que la levure n'abandonne pas d'invertase pendant l'hydrolyse. Des essais faits dans des conditions différentes ont démontré que l'eau qui a été plus ou moins longtemps en contact avec la levure très active, ne possède aucun pouvoir hydrolytique ; mais dès qu'on ajoute une trace d'invertase, la solution devient active aussitôt. D'après cela l'inversion du sucre par l'action de la levure serait produite exclusivement par l'hydrolyse zymique. Nous nous contenterons d'indiquer ces différentes hypothèses.

Mais, comme, d'après la théorie moléculaire physique de la fermentation de Naegeli, la fermentation n'est qu'un effet des mouvements moléculaires du plasma, et que ces mouvements peuvent se transmettre à travers la membrane cellulaire de la levure, il en résulte que la décomposition du sucre n'est pas restreinte à l'intérieur de la cellule de la levure, mais qu'elle s'étend à l'extérieur et peut même, pour la plus grande partie, se faire au dehors. Naegeli donne pour la sphère d'action de la levure de bière de 1/30 à 1/40 de millimètres d'éloignement de sa surface. D'après cet auteur, l'alcool et l'acide carbonique se forment aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cellule de la levure, tandis que la glycérine, l'acide succinique et les produits secondaires en général, se font seulement à l'intérieur.

Sur l'intensité de la fermentation, nous devons à Naegeli l'expérience suivante : un gramme de levure basse a pu faire fermenter en 24 heures à 40°, 70 grammes de sucre en solution à 10 0/0. Le poids de la levure avait doublé déjà après 18 heures.

La levure a besoin, pour sa nutritiou, de sucre, de matières azotées et minérales. La cellulose qui constitue la paroi de la cellule de levure et qui, comme nous l'avons dit plus haut, n'est probablement pas identique avec la cellulose des végétaux plus élevés, se forme également avec le sucre du liquide nutritif. Quant au besoin de matières azotées et salines, la levure se comporte absolument comme les autres végétaux.

Digitized by Google

Parmi les matières organiques, celles qui sont le plus appropriées à la levure ne sont pas, comme on l'admettait autrefois, les matières albuminoïdes réelles du règne animal et végétal, mais bien les *peptones*. Par l'action de la pepsine, ferment digestif des matières albuminoïdes réelles, celles-ci sont transformées en peptones solubles, diffusibles, non coagulables. La peptonisation des matières albuminoïdes qui se trouvent dans le moût de levain est considérée par plusieurs comme une condition indispensable pour la production d'une levure bien nourrie ; d'autres au contraire, estiment que la levure tire son azote du groupe des amides, et que tous les sels ammoniacaux peuvent être utilises par la levure comme source d'azote.

Parmi les *matières minérales*, l'acide phosphorique et la potasse sont indispensables et aussi, paraît-il, la magnésie et le soufre. On n'est pas encore d'accord sur la question de savoir si la levure a besoin de chaux ; mais les sels de soude et le fer lui sont indispensables.

Les solutions nutritives les plus propres au développement de la levure sont le moût de bière et les moûts de distillerie et, en outre, d'après Naegeli, la solution artificielle suivante :

Eau.....	100cc
Sucre.....	15 gr.
Nitrate d'ammoniaque.....	1 gr.
Phosphate acide de potasse....	0 gr. 05 (KH_2PO^4).
Phosphate tribasique de chaux.	0 gr. 05 ($Ca^3P^2O^8$).
Sulfate de magnésie.....	0 gr. 25 $MgSO^4$.

Hayduck s'est servi dans ses expériences du liquide nutritif suivant :

100cm³ eau.
100 gr. sucre de canne.
2 gr. 5 asparagine.
50cm solution minérale de sel.

Cette solution contient par litre 50 grammes de phosphate de chaux monobasique et 17 grammes de sulfate de magnésie,

Les facteurs suivants influent sur la durée et le degré d'achèvement de la fermentation : la température du milieu dans lequel s'accomplit la fermentation, la concentration de la

Digitized by Google

solution sucrée, la quantité de levure en contact et les éléments nutritifs mis à sa disposition.

En ce qui concerne d'abord la concentration de la solution sucrée, il convient de rectifier l'affirmation de Berzelius d'après laquelle la fermentation n'aurait pas lieu dans une solution d'une concentration inférieure à 1 0/0.

Iodlbauer a démontré, pour le sucre de canne tout au moins, que des solutions même de 0,1 0/0 fermentent complètement.

Le degré de concentration le plus favorable pour une fermentation normale et pour le développement de la levure, varie entre 10 et 15 0/0.

Le maximum de concentration, fixé autrefois à 35 0/0, est, d'après les recherches de Hayduck, beaucoup plus élevé. La petite table suivante montre que la levure peut encore provoquer la fermentation, quoique faiblement, dans une solution sucrée à 70 0/0.

COMPOSITION centésimale de la solution	POIDS TOTAL du sucre dissous	DEGRÉ alcoolique en volume après fermentation avec 10 gr. de levure	DEGRÉ alcoolique pondéral après fermentation	POIDS TOTAL de l'alcool formé	SUCRE détruit par la fermentation
	gr.		gr.	gr.	gr.
30	120	15.4	12.48	49.92	92.7
50	200	7.65	6.18	24.72	45.9
60	240	4.2	3.36	13.44	24.9
70	280	1.0	0.80	3.20	5.9

En raison du degré optimum de la concentration entre 10 à 15 0/0 indiqué plus haut, on pourrait être tenté de croire *a priori* que la fermentation des moûts épais comme on en rencontre en Allemagne et autrefois en Belgique par suite des conditions fiscales, ne peut pas être complète. Il n'en est pas ainsi. Nous nous contenterons de faire remarquer ici l'influence exercée par les liquides nutritifs sur le développement énergique de la levure, ainsi que sur ce fait que la levure qui se trouve en plein développement est plus active que celle qui ne se trouve pas dans des conditions favorables à son developpement.

La concentration des solutions est d'ailleurs d'une grande

Digitized by Google

importance pratique, tant au point de vue de l'achèvement complet de la fermentation qu'à celui de la direction à lui donner, ainsi que le démontrent les expériences de Hayduck, d'où il résulte que la levure cesse de se développer dans le moût dès que sa teneur en alcool atteint 5 0/0 en volume.

Les températures les plus favorables à la marche de la fermentation varient entre 28 et 35°. A 40° on n'obtient plus de fermentation complète ; à 50° les cellules perdent leur pouvoir ferment. Le point le plus favorable en pratique est situé entre 27° et 29° C. Au-dessous de 10°, la fermentation se ralentit et traîne en longueur jusqu'à une température voisine de zéro.

Nous connaissons, par les expériences de Hayduck et Juslin, l'action de certains acides employés en distillerie, acides qui, à dose élevée, nuisent à la levure, tandis qu'à dose faible ils excitent sa végétation et, par suite, augmentent l'activité de la fermentation. Les faits suivants, extraits des résultats des recherches de Hayduck, montrent que la végétation de la levure est déjà entravée par une faible acidité qui n'entrave pas la fermentation elle-même.

La fermentation est activée par :

Acide sulfurique	0,2 0/0
— lactique	0,2 à 1,0 0/0,

Elle est entravée par :

Acide sulfurique	0,2 0/0
— chlorhydrique	0,1 0/0
— phosphorique	0,4 à 0,5 0/0
— lactique	2,5 0/0

Elle est interrompue par :

Acide sulfurique	0,7 0/0
— chlorhydrique	0,5 0/0
— phosphorique (fermentation encore visible)	1,3 0/0
— lactique (fermentation très lente)	4,6

Le développement de la levure est favorisé par :

Acide sulfurique	0,02 0/0
— lactique	0,1 à 0,5 0/0

Digitized by Google

Il est ralenti par :

Acide sulfurique	0,07 0/0
— lactique	0,5 0/0

Il est arrêté par :

Acide sulfurique	0,2 0/0
— lactique	4 0/0

Les acides gras volatils entravent considérablement la fermentation. Ce sont les acides butyrique et caprique qui nuisent le plus à l'activité de la levure, ensuite les acides propionique et formique ; enfin, l'acide acétique est le moins nuisible.

L'acide carbonique nuit à la multiplication de la levure et, par suite, à l'intensité de la fermentation.

Tous les moyens antiseptiques appliqués à dose très faible accélèrent la fermentation dans certaines conditions ; mais ils l'entravent dans une porportion équivalente si on les emploie à doses élevées. Biernacki a fait des essais très étendus sur l'influence de toute une série de composés organiques et inorganiques sur la levure.

Pour être complets, nous ajouterons que les sels de divers métaux lourds tels que le mercure, le cuivre et le plomb, tuent la fermentation en détruisant la levure et qu'une forte réaction alcaline, l'éther éthylique et l'alcool concentré arrêtent également l'activité des cellules de levure.

Enfin, il convient de citer encore les relations intéressantes qui existent entre la faculté fermentative et reproductive de la levure et l'oxygène de l'air. Dans les solutions ne contenant pas de sucre, la levure peut croître sans produire de fermentation, à la condition toutefois qu'on lui fasse parvenir du dehors de grandes quantités d'oxygène. Mais, si l'on supprime le libre accès de l'oxygène, la levure ne peut croître dans le liquide nutritif que si elle peut exercer en même temps son activité fermentative en présence du sucre. La fermentation favorise toujours le développement des cellules.

La présence d'oxygène libre favorise, d'après Naegeli, aussi bien le développement que l'activité fermentative de la levure qui, parmi tous les corps organisés, possède le pouvoir d'absorption le plus considérable pour l'oxygène.

Digitized by Google

Levure Logos. — Récemment Van Laer et Denamur ont découvert un saccharomyces de fermentation basse, peu actif et qui donne un rendement élevé en alcool avec le moût de bière. La dextrine subit en sa présence une transformation en alcool.

Amylomyces rouxii. — En terminant cette étude théorique de la fermentation alcoolique et des ferments qui la produisent, nous dirons quelques mots d'une moisissure trouvée dans la levure chinoise qui saccharifie l'amidon et fait même fermenter le moût de bière lorsque la vie de ses cellules est anaérobie.

L'*Amylomyces rouxii* forme des myceliums rameux terminés par des conidies.

D'autres moisissures, l'*aspergillus orizæ*, le *mucor alternans* et le *mucor racemosus* en vie anaérobie fournissent également de l'alcool.

3. Ferments secondaires.

Nous savons que les organismes les plus divers se trouvent répandus dans l'air, et il est rare qu'on puisse en préserver entièrement les moûts en fermentation, dans lesquels ils se développent et produisent la fermentation qui leur est propre.

Ce sont les ferments lactique, acétique, butyrique, etc. ; ils sont considérés comme parasitaires. La plupart de ces organismes, dont les propriétés ne nous sont d'ailleurs pas complètement connues, appartiennent aux champignons ou schizomycètes ; leur multiplication se fait par sectionnement et par sporulation. Les fermentations produites par ces ferments se différencient par les produits de leur activité et en prennent le nom. Elles sont produites par divers ferments qui ne peuvent donner qu'une seule espèce de fermentation. Mais cette fermentation ne se produit pas toujours dans les solutions, lors même que le ferment y est présent, car elle exige un ensemble de circonstances extérieures qui ne sont pas les mêmes pour les différents ferments. Comme les spores d'un grand nombre de ferments sont contenus dans l'air et que les substances employées en distillerie sont extrêmement favorables à leur développement, on ne parvient pas toujours à les

Digitized by Google

éviter et alors il se produit des fermentations secondaires au détriment de la fermentation alcoolique.

1° *Fermentation lactique.* — Elle est provoquée par le ferment lactique, ferment organisé qui se présente au microscope sous la forme de bâtonnets, dont la longueur est double de la largeur et qui sont légèrement étranglés au milieu.

Le ferment lactique décompose le sucre en acide carbonique, mannite, gomme et acide lactique. Le ferment lactique est très répandu dans l'air, il adhère aux matières premières mises en œuvre ; il existe, en outre, en quantité considérable

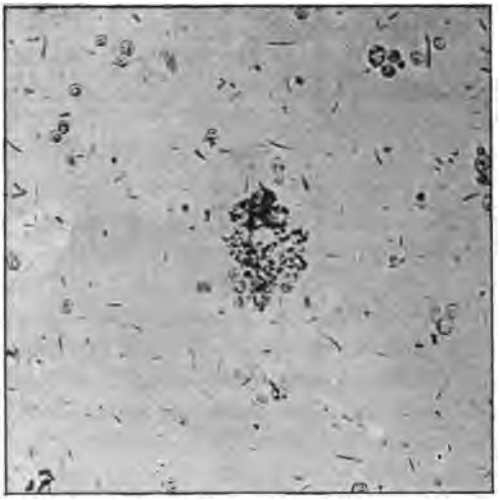


Fig. 58. — Ferment lactique.

dans toutes les matières en putréfaction, les résidus de distilleries. Le rapide développement du ferment exige le maintien de la propreté la plus rigoureuse dans tous les locaux d'une distillerie.

La température la plus favorable au développement du ferment lactique est située entre 40 et 50°. L'acide lactique, qui est le produit de l'activité de ce ferment, l'empêche de se développer davantage et d'exercer son action fermentative ; c'est pourquoi la fermentation lactique cesse dès que le moût con-

Digitized by Google

tient 1 p. 100 d'acide lactique. Si l'on veut obtenir dans le moût une teneur plus élevée en acide lactique, il faut neutraliser l'acide formé par du carbonate de chaux. En outre de l'acide lactique, tous les autres acides libres sont contraires à la fermentation lactique.

L'acide lactique peut être produit par d'autres ferments qui n'ont rien d'industriels jusqu'à présent et qu'on a isolés de l'organisme humain. L'un d'eux est pathogène ; c'est le bacille typhique. L'acide sécrété par ces ferments est soit droit, soit gauche, selon leur mode de nutrition.

La fermentation lactique a été l'objet d'une étude approfondie de Gentil. Le *Bacillus acidi lactici* transforme le sucre en acide lactique, mais la réaction est plus compliquée que celle que nous donnons ici : car on observe en outre la production d'acide carbonique, d'acide acétique, d'acide formique, d'alcool, d'acétone et de mannite.

Les ferments lactiques affectent des formes diverses, ils sont aérobies et anaérobies, décomposent tous les sucres et la dextrine ; la glycérine et l'inuline ne sont pas attaqués.

Gentil et Kayser sont arrivés aux conclusions suivantes sur la fermentation lactique à la suite de leurs études sur ce sujet :

1° Pour un même ferment lactique, la quantité d'acide lactique formé dépend du milieu, c'est-à-dire que les doses d'acidité sont différentes suivant que l'on aura ensemencé un ferment lactique soit dans un moût de pommes de terre, soit dans un moût de grains, soit dans un jus de betteraves ou de topinambours ;

2° L'acidité produite, soit acidité fixe, soit acidité volatile, dépend de la nature du ferment ;

3° Dans un moût neutre l'acidité lactique formée est plus élevée ;

4° L'association de plusieurs ferments lactiques peut augmenter ou diminuer l'acidité du milieu plus fortement que ne le ferait chaque ferment en culture isolée ;

5° Les ferments lactiques, dans des milieux appropriés, peuvent détruire 95 p. 100 de sucre ;

6° Dans des milieux renfermant 2 à 3 p. 100 de sucre seulement, les ferments lactiques ont une action plus rapide ;

Digitized by Google

7° L'acidité volatile est généralement formée d'acide acétique ;

8° Il existe des ferments lactiques aérobies et anaérobies ;

9° Les ferments lactiques jeunes sont moins énergiques que ceux âgés d'un mois environ ;

10° Les ferments lactiques sont très avides de matières azotées solubles et montrent une préférence très marquée pour la peptone ;

11° L'acidité s'élève avec la richesse en peptone du milieu ;

12° Les ferments lactiques peuvent donner de l'acide lactique avec des matières azotées pures ;

13° Les ferments cultivés en surface sont plus riches en azote que ceux cultivés en profondeur ;

14° En milieu de culture, l'addition de sucre agit moins que l'addition de peptone ;

15° Contrairement à ce que l'on supposait, il ne semble pas exister de diastase lactique ;

16° La température la plus favorable est de 30 à 40° ;

17° Toutes les levures ne se comportent pas de la même façon avec ferments lactiques ;

18° Les doses de 0,8, 1,2, 1,6 p. 100 d'acide lactique pur liquide, n'ont pas paru exercer d'influence fâcheuse sur les levures, mais la dose de 2 p. 100 a été nuisible pour la plus grande partie de ces levures ;

19° Les ferments lactiques produisent beaucoup moins d'acide volatil dans un milieu riche en peptone ;

20° La formation des acides volatils peut être influencée par le degré d'acidité du moût ;

21° La levure peut être gênée si le ferment lactique a agi trop longtemps ;

22° Concurremment avec les mêmes doses d'acidité sulfurique ou lactique (acide lactique formé par les ferments), les quantités de sucre détruit et d'alcool formé sont sensiblement les mêmes, mais les acides volatils sont plus élevés pour l'acidité lactique ;

23° Les ferments lactiques s'arrêtent quand la quantité d'acide lactique qu'ils ont formée s'élève entre 1 et 1,7 p. 100. Ainsi les ferments lactiques se sont arrêtés : 1° dans un moût de bière, quand l'acidité totale a atteint 10 gr. 296 d'acide lac-

Digitized by Google

tique pur par litre, cette acidité totale était composée de 0 gr. 397 d'acide acétique, et 9 gr. 701 d'acide lactique fixe ; 2° dans un moût de topinambour, acidité lactique totale 13 gr. 185, composée de 0 gr. 729 acide acétique et 12 gr. 092 acide lactique fixe ; 3° dans un moût de betteraves, acidité lactique totale 15 gr. 06, composée de 0 gr. 648 acide acétique, 14 gr. 088 acide lactique fixe ; 4° dans un moût de distillerie de grains, acidité lactique totale 8 gr. 653, composée de 0 gr. 717 acide acétique, 7 gr. 578 acide lactique fixe ; et 5° moût de distillerie de grains, acidité totale 17 gr. 16 par litre, composée de 0 gr. 973 d'acide acétique ;

24° Les ferments lactiques, ensemencés avec de la levure, donnent une acidité beaucoup plus faible qu'ensemencés seuls. (Kayser et Gentil n'ont pu avec des ferments donnant en cultures pures 24 gr. 82 et 17 gr. 16 d'acide lactique pur par litre, dépasser, quand ils étaient ensemencés avec diverses levures et quelle que fût la durée des expériences, les acidités de 14 gr. 38 et 14 gr. 86 pour le premier exemple, et 8 gr. 56 et 8 gr. 04 pour le second) ;

25° Les ferments lactiques ont une action sur la dextrine. Cette action est plus grande dans un milieu renfermant du glucose ou du maltose (40 à 45 p. 100 du poids de la dextrine), elle est encore de 7 1/2 à 8 p. 100 dans un moût complètement privé de substances sucrées ;

26° La levure supporte mieux l'acidité qui lui est donnée graduellement par le développement continuel des ferments lactiques, qu'elle ne le ferait si on la mettait immédiatement dans un même milieu qui aurait été acidulé à la même dose, avec de l'acide lactique pur liquide ;

27° Dans un milieu neutre stérile, la levure détruit plus de sucre et forme plus d'alcool qu'elle ne le ferait dans le même milieu additionné d'acide lactique ; elle souffre de la présence de l'acide lactique ;

28° Par contre, dans un milieu neutre non stérile et exposé aux contaminations, la levure pousse beaucoup moins loin la décomposition du sucre, que quand elle est en présence de 1 p. 100 d'acide lactique, qui agit en la protégeant dans son action et son développement ;

Digitized by Google

29° Le rôle de l'acide lactique dans les fermentations industrielles serait d'agir comme antiseptique.

Fermentation acétique. — Elle est provoquée par le ferment acétique ou *mycoderma aceti* qui transforme l'alcool en acide acétique en présence de l'air, de la même manière que le ferment alcoolique transforme le sucre en alcool. Quand la fermentation acétique se déclare dans un moût, il est facile de la reconnaître et de prendre les mesures nécessaires : dès le début il faut éviter cette transformation de l'alcool et s'opposer au développement du ferment acétique qui la détermine, si l'on ne veut pas s'exposer à le voir prendre un développement qu'il serait ensuite difficile d'enrayer.

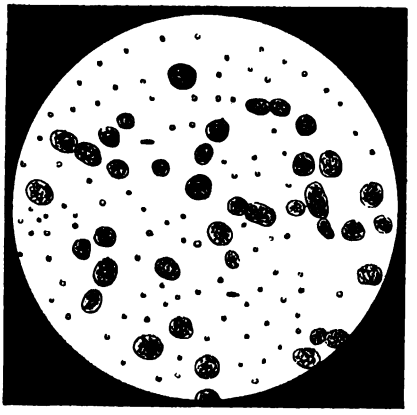


Fig. 59, — Ferment acétique et levure.

On doit à Hansen des études morphologiques sur le ferment acétique. Il se présente en longs chapelets formés d'éléments circulaires ou sous forme de bacille.

La température la plus favorable à la formation de l'acide acétique est de 33° d'après Hansen. Au-dessus de 35° et au-dessous de 18°, la fermentation acétique ne s'arrête pas, mais elle se ralentit beaucoup.

La plus grande partie des acides volatils des moûts de distillerie consiste en acide acétique ; l'état actuel de nos connaissances pratiques ne nous permet malheureusement pas de supprimer complètement la fermentation acétique.

De la présence de l'aldéhyde pendant le cours de la distillation de l'alcool on a conclu que la fermentation acétique se faisait en deux phases, dont la première est la formation d'aldéhyde et la seconde celle de l'acide acétique, d'après les équations :

$$\underbrace{C^2H^6O}_{\text{alcool}} + O = \underbrace{C^2H^4O}_{\text{aldéhyde}} + \underbrace{H^2O}_{\text{eau}}$$

$$\underbrace{C^2H^4O}_{\text{aldéhyde}} + O = \underbrace{C^2H^4O^2}_{\text{acide acétique}}$$

Digitized by Google

Fermentation butyrique. — Cette fermentation est provoquée par le champignon *clostridium butyricum* qui décompose le sucre avec dégagement d'hydrogène en acide carbonique et en acide butyrique d'après la formule :

$$C^6 H^{12} O^6 = 2 CO^2 + C^4 H^8 O^2 + 2 H^2.$$

Le ferment butyrique est très répandu dans la nature. Nous rappellerons seulement qu'on le trouve dans les tubercules de pommes de terre dans lesquels il produit la pourriture humide, la choucroute, le vieux fromage, les citrouilles acides, etc.

On a jusqu'ici constaté les formes suivantes du ferment bu-

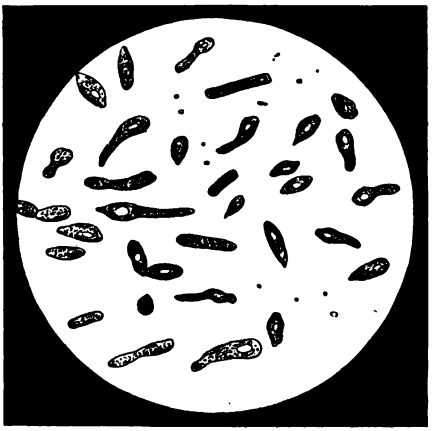


Fig. 60. — Ferment butyrique.

tyrique : bâtonnets courts, bâtonnets longs et filaments.

Les températures les plus favorables au développement de ce champignon sont situées vers 40°. Tandis que le ferment est déjà très sensible à des températures plus élevées, comme 60-62°, les spores peuvent supporter pendant longtemps une température de 90° sans être détruits.

D'après Pasteur, le ferment butyrique peut se développer sans oxygène libre, et dans certaines phases de son évolution la présence de l'oxygène semble plutôt agir comme un toxique

A l'exception du ferment lactique qui, comme on l'a déjà dit, est surtout cultivé artificiellement pour la préparation du

Digitized by Google

levain, tous les autres ferments et leurs produits nuisent à la pureté de la fermentation alcoolique ; il faut donc éviter autant que possible leur apparition en distillerie. Ces ferments adoptent les formes les plus diverses, qui peuvent se transformer les unes dans les autres. La figure 60 représente les diverses formes de la végétation des bactéries, d'après Koch, Prazmowski et Hueppe. La forme la plus simple est celle de sphère ou coccus, suivant la grandeur, on distingue les micrococcus et les macrococcus, les formes en bâtonnets ; allongée ; en filaments ; on distingue les vibrions, les spirilles ; les massues.

Nous ferons remarquer en terminant, qu'on trouve également dans les moûts de distillerie des bactéries en forme de sarcines. Ces ferments, étudiés par Hansen et P. Lindner, apparaissent le plus souvent sous forme de micrococcus isolés, d'autres fois par paquets de deux ou de quatre, d'autres fois sous forme de perles enfilées. Ils produisent de l'acide lactique et constituent de toute façon des impuretés de la levure.

4. Analyse de la levure

L'analyse de la levure se borne le plus souvent à l'essai de sa force fermentative. On fait aussi l'essai microscopique par l'examen de la coloration en présence de la liqueur d'iode ou du violet de méthyle. On reconnaît ainsi facilement les levures mortes ou mourantes par leur coloration plus ou moins foncée.

La mensuration des cellules se fait par le procédé que nous avons indiqué. Cet essai permet de se rendre compte : 1° de la prolifération de la levure en présence de telle ou telle autre substance : 2° de l'influence de la température de la concentration ou de l'excès d'acidité sur la prolifération ou la forme de la levure ; 3° de la quantité de levure au commencement de la fermentation et au moment de la chute de la cuve ; 4° dans quelle période de la fermentation l'accroissement de la levure se termine ; 5° si dans le cas d'un rendement insuffisant, la cause réside dans la formation défectueuse de la levure.

POUVOIR FERMENT

Le pouvoir ferment se détermine au moyen de l'appareil de Hayduck. Cet appareil se compose d'une fiole munie d'un

Digitized by Google

bouchon à deux ouvertures dont l'une est fermée par un tube de caoutchouc et une pince de Mohr. L'autre ouverture est en communication avec un tube gradué de 0 à 500 muni d'un second tube de verre ascendant terminé par un entonnoir et par un robinet à la partie inférieure. Durst préfère ajouter un tube latéral ouvert près de l'entonnoir et qui donne au-dessus d'une éprouvette.

La fiole est placée dans un bain-marie à 30°. On y introduit la solution sucrée (40 gr. sucre et 400 gr. eau), puis 10 grammes de levure à essayer, broyée et délayée. On mélange bien en évitant les grumeaux et on ferme le bouchon de caoutchouc. L'acide carbonique se dégage. Au fur et à mesure que la pression s'établit dans le tube gradué on ouvre le robinet inférieur afin que le niveau de l'eau dans les deux tubes soit le même. L'eau est recouverte d'une couche de pétrole pour éviter la dissolution de CO^2.

On maintient constamment à 30° le contenu de la fiole au moyen d'un bain marie. On commence par laisser la fiole ouverte pendant une heure, puis on met en communication avec l'éprouvette et on mesure l'acide carbonique dégagé pendant exactement une demi-heure. On en déduit le sucre fermenté par le raisonnement suivant :

342 gr. saccharose donnent 176 gr. CO^2 et comme 1 cm^3 CO^2 pèse 0 gr. 001977, 1 cm^3 CO^2 représente 0 gr. 003841 de sucre.

Cette méthode très expéditive donne de bons résultats.

La méthode suivante procède des mêmes principes et donne directement le poids d'acide carbonique dégagé.

Levuro-dynamomètre Billet. — Cet instrument sert à mesurer la force de la levure. Il se compose d'un réservoir de 350 cm^3 terminé par une tige creuse graduée de 0 à 10 d'un diamètre de 10 millimètres, et par un entonnoir. L'aréomètre est lesté à la partie inférieure.

L'instrument est plongé dans de l'eau à 30° et on y ajoute 50 cm^3 d'une solution renfermant :

Sucre raffiné.....	300 grammes.
Phosphate ammoniacal.....	1 gr. 5
Chlorure de potassium.....	1 gr. 25
SO^4H^2.....	5 grammes.
Eau.....	500 cm^3.

Digitized by Google

Cette solution a été portée à 100° pendant 5 minutes et complétée à 1 litre.

Ensuite aux 50 cm³ on ajoute 5 grammes de la levure à examiner, délayée dans un peu d'eau. On termine en ajoutant de l'eau jusqu'à ce que l'appareil affleure au zéro dans l'eau dans laquelle il est plongé.

Au fur et à mesure que la fermentation s'établit. l'aréomètre s'élève et chacune des divisions représente la puissance de la levure. Le degré 10 indique que la levure a fait fermenter 16 grammes de sucre. Toutes les heures on note le degré qu'indique le levuro-dynamomètre.

Cet instrument est surtout bon pour donner des comparaisons avec d'autres levures.

Une levure pressée de bonne qualité doit donner en 24 heures 24 grammes d'acide carbonique pour 10 grammes de levure. Chaque degré = 1 gr. 6 de sucre ou 1 0/0 d'alcool.

Méthode de Meissl. — Dans la méthode de Hayduck on se sert d'eau distillée ce qui éloigne des conditions industrielles. Pour s'en rapprocher Meissl emploie une solution sucrée renfermant 400 grammes de sucre pur, 25 grammes phosphate acide d'ammoniaque, 25 grammes phosphate acide de potasse. L'eau de dissolution est saturée de sulfate de chaux.

Pour faire un essai on pèse 4 gr. 5 de la solution ci-dessus qu'on ajoute à 50 cm³ de solution renfermant 35 parties eau distillée et 15 parties eau de gypse. On prend 1 gramme de levure, on la délaye et on met le tout dans une fiole de verre munie d'un tube fermé et d'un autre tube ouvert à chlorure de calcium. On maintient au bain-marie à 30°. Après 6 heures on refroidit et on aspire par le tube ouvert en ouvrant le tube fermé. Lorsque tout l'acide carbonique est parti on pèse. On a pesé avant l'opération. La perte de poids donne l'acide carbonique dégagé. Meissl admet que dans cette période de 6 heures on doit obtenir pour une levure très énergique 1 gr. 75 CO^2.

Digitized by Google

CHAPITRE V

PRATIQUE DE LA FERMENTATION

1. Pratique ordinaire de la fermentation

Nous décrirons ici le procédé ordinaire employé encore dans beaucoup de distilleries et basé sur la préparation d'un pied de cuve initial et le coupage ultérieur des cuves suivantes afin de former avec ce prélèvement un nouveau pied de cuve.

Dans ce mode de travail, on part d'une levure ordinaire de brasseries de fermentation haute, ou de levure de grain, pressée, aussi pure que possible, qu'on délaye dans un peu d'eau tiède, bouillie, ou dans un peu de vinasse si l'on est déjà dans la période de travail. A ce levain, on ajoute un peu de jus de betterave et de maltopeptone, matière destinée à fournir au ferment les éléments nécessaires pour sa prolifération.

Lorsque le levain est en pleine fermentation et que sa température est de 25 à 28°, favorable au développement des cellules de levure on le coule dans la première cuve de fermentation dans laquelle on dirigera ensuite petit à petit et d'une façon continue le jus de betterave à fermenter et convenablement acidifié.

La mise en fermentation du début se fait avec une quantité de levure pressée de 0 kil. 25 à 0 kil. 3 par hectolitre de cuve.

Au début de la fermentation on maintient le levain à 24 à 25°; plus tard sa température s'élève et monte à 28° au moment du coulage dans la cuve de fermentation.

Le coulage du jus à fermenter, se fait régulièrement et on évite de noyer la levure par une afflux trop grand de liquide qui aurait pour résultat d'arrêter la fermentation ou de la ralentir tellement qu'il lui faudrait un temps très long pour repartir. Dans ce cas la fermentation serait toujours paresseuse et les chances d'infection par les ferments nuisibles seraient notablement augmentées.

Digitized by Google

Dans le but d'éviter cette infection, on ajoute au moût soit à la macération, à la diffusion ou à la rape une quantité d'acide sulfurique nécessaire pour que le moût, au moment où il arrive dans la cuve de fermentation ait une acidité correspondance à 2 gr. 40 à 2 gr, 50 d'acide sulfurique (SO^4H^2) par litre.

Nous avons vu que si cette acidité était réellement constituée par l'acide sulfurique monohydraté, les cellules de levure ne pourraient pas s'y développer. Mais il n'en est rien et dans certains cas particuliers, lorsque la levure est de mauvaise qualité, cette dose est augmentée et portée à 9 grammes d'acide par litre. L'acidité exprimée ainsi correspond à de l'acide sulfurique libre, mais elle comprend aussi les acides organiques des sels déplacés par l'acide sulfurique qui a pris leur place.

D'ailleurs la quantité d'acide à ajouter au moût varie suivant les distilleries, la nature des betteraves et le soin apporté pendant le travail. L'expérience doit être faite au début de chaque campagne. En outre la relation entre l'acide sulfurique total ajouté et l'acide sulfurique libre dans le moût varie avec la densité de ce moût et sa teneur en sels. Il est bien certain que ce rapport sera d'autant plus grand que le moût sera plus dilué.

En résumé, il faut tenir l'acidité aussi élevée que possible, afin d'éviter l'ensemencement par les ferments nuisibles. sous cette réserve que le travail de la fermentation ne doit pas en être ralenti.

Il faut tenir compte aussi de l'augmentation de l'acidité pendant la fermentation. Cette augmentation est d'autant plus importante que le travail est moins bien suivi. Il n'est pas rare que, dans ce cas, on constate que l'acidité a passé de 2 gr. 50 à 3 grammes par litre et quelquefois plus ; aussi cette augmentation de l'acidité influe sur l'acide à ajouter lorsqu'on travaille avec rentrée des vinasses dans la diffusion ou la macération.

Dans le cas où l'on serait envahi par cette acidité d'origine organique, on s'en apercevrait bientôt à la fermentation et au rendement en alcool qui baisserait. En outre les cuves auraient une autre allure. Le microscope montrerait un grand nombre de bacteries lactique et acétique. Le remède dans ce cas est de liquider la levure et la vinasse.

Digitized by Google

Le levain initial se prépare généralement dans une cuve préparatoire en charge sur les cuves de fermentation et lorsque ce levain est coulé dans la grande cuve, cette cuve sert à recevoir tout le moût qui sort des appareils d'extraction, macérateurs, diffuseurs, presses, etc. C'est là qu'on règle exactement le degré d'acidité à donner au jus, variable comme nous l'avons vu plus haut. On règle aussi la température soit au moyen d'un barboteur de vapeur ou d'un réfrigérant. Dans ce dernier cas on fait usage d'un serpentin placé à la partie supérieure de la petite cuve.

Le volume de la cuve préparatoire est variable suivant la contenance des cuves de fermentation. On est dans de bonnes conditions en lui donnant le cinquième ou le sixième de celles-ci. Si le volume est plus faible, le réglage de l'acide se fait plus souvent.

Nous avons dit que l'acidité augmentait pendant la fermentation. Cette production d'acide se fait surtout au début du travail. On l'évite et on l'enraye en augmentant petit à petit la quantité d'acide sulfurique, et on se trouve dans des conditions normales lorsque l'acidité n'augmente que de 0 gr. 3 par litre, exprimée en $SO^4 H^2$.

Il est donc de la plus grande importance de suivre l'acidité de très près et de préparer à cet effet des liqueurs très sensibles qui serviront à des dosages fréquents.

Pour ces dosages, nous renvoyons au chapitre de l'analyse des moûts.

De même pour la température. L'activité vitale et chimique de la levure est exothermique ; elle se manifeste par une production de chaleur. L'acide carbonique qui se dégage en entraîne une partie, mais le refroidissement n'est pas suffisant et la température s'élève de quelques degrés. On évite cette élévation de température souvent en connexion avec l'augmentation de l'acidité en plaçant un serpentin réfrigérant à la partie supérieure des cuves, et dans lequel on fait passer de l'eau très froide jusqu'à ce que la température soit redescendue au degré pour lequel l'augmentation de l'acidité est normale. On peut encore refroidir les cuves en tôle en faisant ruisseler de l'eau sur leurs parois.

Les cuves sont emplies petit à petit par l'opération du *cou-*

Digitized by Google

lage. Le coulage est plus avantageux parce que le nombre de cellules de levure est plus considérable à chaque instant par rapport au sucre ou au volume de moût à faire fermenter. Il en résulte qu'au fur et à mesure que le moût arrive, la levure se multiplie et son activité ne fait que croître.

L. Levy trouve, en outre, que l'aération du moût, indispensable à la prolifération de la levure se fait mieux que la quantité de chaleur dégagée se porte sur un plus petit volume de moût, et que le dégagement de l'acide carbonique se fait mieux.

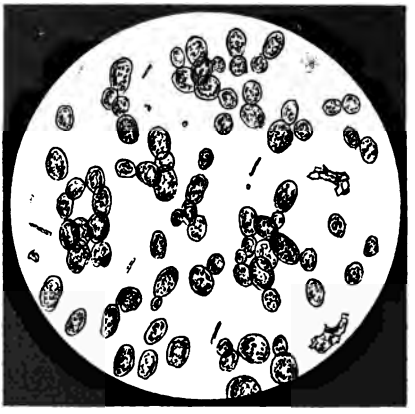


Fig. 61. — Levure en fermentation.

Nous pensons que la première raison, celle de l'accroissement du nombre de cellules de levure, est la plus importante.

D'ailleurs l'expérience démontre que cette considération est exacte et qu'une cuve fermente mieux par le coulage que par l'addition brusque du levain au moût ou *vice-versa*.

Une bonne pratique pendant le coulage, est d'obtenir que la densité du pied de cuve ou levain reste fixe et n'augmente pas, soit 101.0 à 101,5.

Dans le procédé ordinaire de travail des betteraves, la fermentation est continue, c'est-à-dire que lorsque la cuve est en pleine fermentation, on prélève une partie du moût et on l'envoie dans le fond de la cuve suivante, sur laquelle on coule dans les mêmes conditions de temps, d'acidité et de température que pour la précédente.

Digitized by Google

En général, et pour obtenir une fermentation rapide, on coupe les cuves par moitié. Le coupage peut aussi se faire par 1/3 ou par 1/4 de cuve, si les fermentations sont en retard. Il peut aussi se faire par débordement d'une cuve dans la suivante. En général, le coupage par transvasement se fait pour les jus de presses qui moussent beaucoup, tandis que le coupage par trop plein est réservé aux jus de diffusion ou de macération, ou bien lorsque le nombre de cuves est trop grand, on emploie une cuve-mère qui, contenant un jus plus riche, sert de réserve de levain. C'est cette cuve que l'on coupe constamment, en remplissant dessus. Au bout d'un certain tnmps, la fermentation de cette cuve s'est un peu ralentie, on recommence alors sur une nouvelle cuve-mère.

Le nombre de cuves est assez variable, on le choisit en général de 5 à 8.

Leur volume est alors en rapport avec celui du moût à distiller par jour et avec le temps pris par une opération complète, c'est-à-dire depuis le moment où l'on commence à emplir une cuve jusqu'au moment où cette même cuve lavée, brossée, nettoyée, est prête pour une autre opération. On garde en réserve une cuve supplémentaire, en cas de prolongement de la fermentation ou d'avarie à une cuve.

Pour activer la prolifération du levain et éviter que les cellules se reproduisent au détriment du sucre; on fait bien d'aérer, c'est-à-dire d'envoyer de l'air stérilisé ou filtré, au moyen d'une pompe, dans le fond de la cuve; cet air est distribué au moyen d'un serpentin perforé.

Un tuyau de vapeur permet, à la fin du travail, de stériliser le serpentin et d'éviter qu'il ne devienne le réceptacle de mauvais ferments. L'aération doit donc être pratiquée.

Lorsque la cuve est remplie, la fermentation devient de plus en plus énergique; elle est d'abord circulaire, c'est-à-dire que les bulles viennent des bords et les remous se dirigent vers le centre de la cuve. La mousse d'abord épaisse devient plus fine et plus blanche. Cette activité diminue petit à petit au fur et à mesure que le sucre est transformé en alcool. Finalement, les bulles cessent et deviennent de plus en plus rares et la surface du liquide devient plane.

Digitized by Google

Si l'on prend alors la densité, celle-ci varie de 100 pour le travail à l'eau, à 100,5 pour celui à la vinasse.

La cuverie doit être disposée de telle sorte, pour le travail continu, que toutes les cuves puissent communiquer les unes avec les autres. On réalise facilement cette disposition au moyen d'une tuyauterie générale placée au-dessous du fond des cuves et en communication avec ce fond. Un robinet placé sur le raccord isole la cuve. Lorsqu'on opère par coupage la tuyauterie part de la moitié de la hauteur de la cuve.

Fig. 62. — Levure en bourgeonnement

Les cuves sont en général en bois de sapin et formées de douves assemblées et cerclées. Elles sont vernies à l'intérieur de préférence. On fait aussi des cuves en tôle, peinte à l'huile, afin d'éviter l'attaque par l'acide sulfurique.

On se trouve bien également de peindre les cuves extérieurement.

Lorsque la cuve est vide, on la lave à grande eau, on la brosse et on la badigeonne de bisulfite de chaux, si elle doit rester quelque temps sans servir.

La fermentation tumultueuse se calme au moyen de dégras, dont on doit user avec ménagement.

ACCIDENTS DE FERMENTATION

La fermentation des jus de betteraves ne se fait pas toujours dans de bonnes conditions et on rencontre assez souvent des accidents dont la cause échappe et auxquels il est quelquefois difficile de remédier. Les causes des accidents de fermentation sont nombreuses. Lorsque l'examen microscopique fait déceler la présence de microorganismes étrangers, le remède est simple, et il faut refaire de nouveaux levains. Dans d'autres cas, le ferment alcoolique est paresseux. Ces divers accidents ont été étudiés par Siderky dans divers rapports au Syndicat de la Distillerie agricole.

Les causes des fermentations vicieuses doivent être attribuées au manque de propreté, d'air, au défaut d'acidité et à une température trop élevée pendant la fermentation. L'excès d'acide ou le refroidissement des cuves sont également des

Digitized by Google

causes de ralentissement dans le développement de la levure.

L'envahissement des levains par les ferments secondaires est dû au retour continuel de la vinasse à la macération ou à la diffusion. Les spores de ces ferments ne sont pas détruites par la température élevée de la colonne et lorsqu'elles se retrouvent dans un milieu favorable à leur prolifération, elles se multiplient rapidement. Il arrive donc un moment où les cuves sont tellement envahies par ces ferments que le rendement en alcool baisse considérablement. On peut y remédier en faisant une liquidation générale ou en ne rentrant pas dans le travail la totalité de la vinasse produite et en en rejetant tous les jours une certaine quantité.

Dans le travail la vinasse doit avoir toujours la même densité au moment où on la rentre dans la circulation, et son acidité doit être inférieure à celle du vin qui l'a produite.

Le manque de propreté des cuves est aussi une des causes de mauvaise fermentation. On se trouve bien de laver les cuves avec une solution de chlorure ou de bisulfite de chaux et de rincer ensuite à l'eau en abondance. On doit également tenir très propres tous les autres appareils.

L'aération des moûts doit aussi se faire pour que l'accroissement de la levure ne se fasse pas exclusivement aux dépens du sucre. On arrive bien souvent à remettre en marche normale une cuve paresseuse en faisant arriver de l'air dans le moût. Cependant, il ne faut pas que l'air soit en excès, car dans ce cas la fonction de la levure serait modifiée ; elle se multiplierait, mais en produisant moins d'alcool et, d'autre part, l'air entraînerait une trop grande quantité d'alcool. Sidersky préfère aérer le jus avant son introduction de la cuve.

L'aération insuffisante a aussi pour conséquence le développement intempestif des ferments secondaires qui sont anaérobies et une augmentation de l'acidité. D'autre fois, on observe une fermentation nitreuse. Sidersky l'attribue à l'action des acides sur la paroi des cuves qui donnent naissance à de l'hydrogène, lequel réduit ensuite les nitrates en dégageant des vapeurs nitreuses. Nous ne partageons pas complètement cette manière de voir, surtout en ce qui concerne la production de l'hydrogène, car on observe également la fermentation nitreuse des jus de betteraves avec les cuves en sapin.

Digitized by Google

La température joue également un rôle important sur la fermentation des jus de betteraves. Au-dessus de 30° C., les ferments secondaires se multiplient activement. On ne doit donc pas dépasser cette température, bien que cependent on rencontre fréquemment des cuves à 32-33°. Dans ce cas, il y a formation d'acidité et augmentation de la densité de la cuve tombée par suite de la présence de sucre non fermenté.

L'acidité des moûts de betteraves varie entre 2 gr. à 2 gr. 50 par litre (SO^4H^2), suivant les conditions locales. Quelques usines vont même jusqu'à 3 grammes. On est également dans de bonnes conditions pour la fermentation lorsque la quantité d'acide ajouté représente les 2/3 de l'acidité du jus. Le reste est dû à l'acidité de la vinasse.

La pratique qui consiste à se contenter d'un seul pied de cuve fait au commencement de la campagne est très mauvaise, car c'est la cause de nombreux mécomptes et d'accidents. On doit donc changer souvent la levure.

On doit se rendre compte le plus souvent possible de la marche de l'acidité des cuves. Dans une fermentation normale, cette acidité ne doit pas augmenter de plus 0 gr. 2.

Sidersky insiste particulièrement et avec raison sur le rôle de l'acidité. En employant des vinasses très diluées, de densité de 1.010, on peut abaisser sans crainte l'acidité du moût à 2 gr. 30. Cette acidité devra être augmentée jusqu'à 3 grammes par litre lorsque la densité de la vinasse atteindra 1.020.

Il arrive bien souvent que le jus fermente dans la batterie de macération par suite de la température peu élevée pendant le travail. Cette fermentation se fait sous l'influence des ferments étrangers et le jus s'altère. Le danger est moins grand à la diffusion, parce que les vases sont fermés.

Sidersky a vu des exemples d'augmentation considérable de l'acidité sous l'influence de la température élevée des cuves par suite de l'insuffisance du réfrigérant. Sous l'influence de la température de 34°, maintenue pendant plusieurs jours, l'acidité s'est élevée à 7 grammes par litre, et le moût était envahi par les bactéries qui se trouvaient en aussi grand nombre que le ferment alcoolique.

Les jus de betteraves sont sujets à la fermentation visqueuse ou mannitique lorsque les racines sont malades, gelées ou an-

Digitized by Google

ciennes. Les jus sont gras, visqueux ; leur fermentation se fait mal et le rendement alcoolique est peu élevé.

Le ferment qui provoque cette fermentation défectueuse transforme le sucre en mannite et en viscose, analogue à la fécule d'après L. Gentil. Pasteur a étudié la fermentation mannitique et a reconnu deux sortes de ferments, dont l'un se compose de bactéries rondes de 1, 2-1, 4 μ, l'autre plus grosse, analogue à la levure ordinaire et de forme irrégulière. Le premier microbe donne de la viscose, de l'acide carbonique et de la mannite, l'autre ne donne pas de mannite.

Pour arrêter cette mauvaise fermentation, il faut liquider les cuves, les désinfecter à fond et recommencer avec de nouvelle levure.

Dernièrement, Verbièse a étudié très soigneusement les accidents qui se produisent pendant la fermentation, nous reproduisons une partie de l'étude qu'il y a consacrée.

« Tous les accidents de fermentation ont des causes qui peuvent être ramenées à quatre espèces : Défaut de température, défaut d'acidité, défaut de propreté, ou excès de rentrée de vinasse.

Ces accidents se traduisent de différentes manières suivant les causes qui les engendrent :

1° La fermentation, qui était jusque-là très belle, ralentit peu à peu et finit au bout d'un temps plus ou moins long par végéter, et ralentit anormalement le travail de l'usine, en même temps que les cuves tombent à une densité trop élevée.

2° La fermentation remise en route avec un nouveau pied de levure est très bien partie, mais au moment où l'on a coulé sur le pied du nouveau jus, l'activité de la fermentation a diminué et au bout d'un temps très court, une demi-heure ou une heure, tout s'est arrêté.

3° La fermentation a très bel aspect, la mousse est très blanche, très légère, mais le rendement en alcool n'est pas du tout en rapport avec la quantité de betteraves mises en œuvre et leur quatité.

4° La fermentation reste très active pendant un temps qui peut être assez long, mais on voit apparaître dans la cuve un gaz jaune rougeâtre en même temps que l'on perçoit une odeur piquante, caractéristique.

Digitized by Google

On dit que la cuve a du nitre.

Tous les accidents de fermentation auxquels il nous a été donné de remédier, et ils sont nombreux, se ramenaient à ces divers cas, et presque toujours, si l'on ne trouvait pas immédiatement la cause du mal, on arrivait au bout de quelque temps à la fermentation nitreuse.

Nous ne pensons pas, contrairement à une opinion qui a été soutenue et qui est encore admise, que l'aération des jus ait une importance pratique très grande au point de vue de la pureté de la fermentation, autrement que comme moyen de refroidissement du jus, et nous avons constaté que des bâtonnets de ferments butyriques vivaient encore parfaitement dans des jus fortement aérés.

Or la fermentation dite nitreuse n'est pas autre chose que la fermentation burytique se traduisant loujours par un dégagement plus ou moins perceptible d'acide hypoazotique.

La fermentation burytique est produite par une bactérie ou plutôt par toute une classe de bactéries, parmi lesquelles on en a trouvé d'aérobies. Ces bactéries détruisent du sucre, et donnent comme produits principaux de l'acide butyrique, de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Cet hydrogène à l'état naissant réduit les nitrates contenus dans le jus de betteraves et met en liberté l'acide hypoazotique (vapeur rutilantes).

On a attribué à tort la cause de la production d'hydrogène au contact des jus acidulés avec les parois métalliques des appareils, car on constate aussi bien la fermentation nitreuse en macération où tout le matériel est en bois, qu'en presses continues ou en diffusion où il y a plus de contact du jus acidulé avec le métal. On remarque même qu'en presses continues on est généralement moins exposé à avoir l'inconvénient de la fermentation nitreuse, parce qu'on a moins de causes de contamination, et cela même avec des cuves en tôle.

La fermentation butyrique se développe de préférence à une température de 35-40°. L'aération énergique du jus a certainement pour effet de détruire une partie des bactéries butyriques anaérobies. Mais nous pensons qu'elle agit aussi en refroidissant le jus et le ramenant à une température plus voisine de 35°, tout en laissant substituer les bactéries aérobies.

Ainsi tombe l'opinion de certains chimistes qui avaient cons-

Digitized by Google

taté la fermentation nitreuse au début de la fabrication et qui l'avaient vue disparaître dès qu'une pellicule déposée par le jus vient tapisser les parois métalliques des appareils en empêchant ainsi leur contact direct avec l'acide, ou qui avaient réussi à remettre en marche une fermentation arrêtée par la simple aération de la cuve au moyen d'énergiques coups de mouvron, et de ceux enfin qui préconisaient, pour entraver la fermentation nitreuse, d'asperger les cuves au moyen d'une petite quantité d'eau lancée par une pomme d'arrosoir.

Nous avons toujours vu, en employant ces moyens, la fermentation nitreuse disparaître apparemment, par suite de l'évacuation momentanée de l'acide hypoazotique mélangé au gaz de la cuve, mais un quart d'heure après, on pouvait recommencer l'opération, sans pour cela améliorer la fermentation, à moins d'insuffler une quantité d'air suffisante ou d'ajouter une quantité d'eau suffisante pour abaisser la température à 30° C.

La température *optima* du ferment alcoolique étant 30° C., il importe de s'en écarter le moins possible, afin de laisser le ferment dans les meilleures conditions de travail et de développement. Outre que les variations de température sont nuisibles au ferment, on risque, si l'on élève le degré à 34-35°, ce qui se produit plus souvent qu'on ne le pense, de voir se développer la fermentation butyrique en même temps que la fermentation alcoolique se ralentit. Le seul remède à employer dans ce cas est d'abaisser la température non seulement dans le jus au coulage, mais surtout dans la cuve elle-même, et par tous les moyens possibles, soit immersion d'un réfrigérant à eau froide, addition à la cuve, si la densité n'est pas trop élevée au moment où l'on s'aperçoit de l'accident, de jus froid, ou même addition pure et simple d'eau froide convenablement acidulée, jusqu'à ce que la température soit redescendue dans les environs de 30°. Ce dernier moyen, à la portée de tout le monde, nous a réussi chaque fois que nous avons eu l'occasion de l'employer.

Si, au lieu d'avoir une température trop élevée, on la laisse descendre trop, on risque de voir la fermentation languir et même s'arrêter. Il suffit alors de réchauffer la cuve, soit par addition de jus chaud, d'eau chaude, ou même par injection

Digitized by Google

directe de vapeur dans la cuve. Cet accident, qui d'ailleurs est beaucoup moins grave que le précédent, est assez rare, et on constate beaucoup plus souvent des jus trop chauds que des jus trop froids.

La température du jus au coulage ne peut pas être fixée uniquement : elle doit se régler de façon que le jus en fermentation dans les cuves ait 29-30°, la différence entre la température du jus en fermentation et celle du jus au coulage variant suivant les circonstances : rapidité de la fermentation, capacité des cuves, cause de refroidissement, etc.

Parmi les différents facteurs qui entrent en ligne de compte dans la fermentation, l'acidité est le plus important, d'autant plus qu'il est difficile, comme nous le disions plus haut, de fixer l'acidité à laquelle on doit se tenir pour avoir une bonne fermentation.

Nous avons vu que l'acide sulfurique joue surtout dans la fermentation le rôle d'antiseptique. Si la proportion est insuffisante il laisse indemne un certain nombre de bactéries qui, en détruisant du sucre ou de l'alcool, donnent naissance à des produits organiques, généralement acides, lesquels viennent augmenter l'acidité totale du jus.

La fermentation alcoolique produit également des acides organiques : ce sont l'acide carbonique, en grande quantité, et une trace d'acide succinique. Il en résulte que plus la fermentation est pure, moins on constatera d'acidité développée dans le jus fermenté, et qu'inversement, plus l'acidité développée, c'est-à-dire la différence entre l'acidité finale et l'acidité initiale est élevée, plus la fermentation est contaminée.

Soit, par exemple, un jus indiquant avant fermentation 2 gr. 2 d'acidité par litre, et après fermentation 2 gr. 5 par litre. La différence, soit 0 gr. 3, peut être attribuée à l'acide carbonique dissous dans le jus. C'est généralement ce chiffre qu'on trouve. Le travail est bon dans ce cas, et il n'y a pas lieu de rien changer.

Si nous allons maintenant dans une usine travaillant moins bien un jus au coulage à 2 gr. 8 d'acidité par litre, et qui, après la fermentation, marque 3 gr. 5, il devient évident que la différence, 0 gr. 7, est trop forte. Pour la diminuer, il faut, le plus souvent, augmenter encore l'acidité au coulage, c'est-à-

Digitized by Google

dire qu'au lieu de couler à 2 gr. 8, il faut couler à 3 gr. 0. Il est presque certain que la chute se fera avec une acidité finale de 3 gr. 3 à 3 gr. 4.

Si, au contraire, l'acidité initiale est trop forte, on s'aperçoit que la fermentation languit et finit par tomber. On constate encore une augmentation d'acidité développée, mais seulement au bout d'un temps plus long, par suite de l'acétification de l'alcool déjà formé. Le moyen tout indiqué pour savoir si l'accident est dû à un manque ou à un excès d'acide, est l'emploi du microscope. On s'aperçoit aussitôt du genre de bactéries auquel on a affaire, et on peut facilement les combattre, soit en augmentant l'acide au coulage s'il s'agit du ferment lactique ou butyrique ou de moisissures quelconques, soit en diminuant l'acide au courant s'il s'agit du ferment acétique.

D'ailleurs, avec un peu d'habitude, on ne se trompe pas sur la cause de l'accident, car lorsqu'il y a excès d'acide, le jus reste d'une couleur rose franc pendant assez longtemps, tandis que s'il manque d'acide il devient rapidement noirâtre.

Le défaut de propreté dans une distillerie est la cause première qui engendre la plupart des accidents et qui occasionne indirectement le défaut d'acidité.

En effet, si à un moment donné un jus qui était pur jusque-là se contamine par défaut de propreté, il faudra, pour maintenir la fermentation, une quantité plus grande d'acide sulfurique libre. Donc une fermentation qui était excellente avec une certaine dose d'acide peut devenir mauvaise à un moment donné avec la même dose d'acide, si le jus est infecté.

C'est donc la propreté que l'on doit soigner le plus si l'on veut éviter les ennuis dans la fixation de l'acidité à maintenir et les mauvaises fermentations.

Il est d'autre part assez facile de remédier à un défaut de température ou d'acidité et d'observer la plus grande propreté, tandis que lorsque le travail est contaminé, il est quelquefois très difficile de découvrir le foyer d'infection, et quand il est trouvé il faut encore renouveler complètement le travail depuis la cossette jusqu'à la vinasse.

En diffusion et en macération, la contamination est très fréquente et provient presque toujours du séjour des jus faibles dans la citerne. Souvent aussi un arrêt momentané du travail

Digitized by Google

permet aux fermentations secondaires de se développer dans les macérateurs ou les diffuseurs, tout au moins dans ceux où la température est favorable à ce développement Dans les deux cas, le remède est identique : Liquidation générale des jus faibles, et quelquefois de toute la batterie, et assainissement de l'endroit infecté.

En presses continues, la contamination, bien que plus rare, se produit lorsqu'on ne tient pas en parfait état de propreté les bacs de râpe, tuyaux ou rigoles. cuves, etc , où passent les jus. »

FERMENTATION DES JUS CONCENTRÉS DE BETTERAVES, D'APRÈS M. SOREL

Une des difficultés qu'on rencontre dans la distillation des jus de betteraves réside dans l'impossibilité où l'on se trouve de faire fermenter des jus denses. Cette impossibilité est attribuée par l'auteur à deux causes :

1° A la présence de la matière odorante de la betterave qui agit comme un antiseptique pour la levure et arrête complètement la fermentation ;

2° A la présence des sels de fer qui, surtout ceux au minimum, lorsqu'ils s'élèvent à 3 à 4 milligrammes par litre, peuvent arrêter complètement toute fermentation d'un jus préparé à froid. Or, il est facile au fer d'entrer en dissolution dans les jus et une des principales causes de la présence des sels de protoxyde de fer est due à l'attaque des diffuseurs, macérateurs et de la tuyauterie par l'acide sulfurique. Mais un tel jus peut reprendre sa faculté fermentative si l'on porte sa température de 90° à 95° en présence d'une injection d'air et si l'on acidifie ensuite.

L'oxygène oxyde le protoxyde de fer qui est entraîné par les matières organiques coagulées par la chaleur élevée. En outre, l'oxygène oxyde également certaines matières organiques.

On peut, pour réaliser ces opérations, employer le dispositif suivant :

Une tourelle, renfermant des plateaux plats, reçoit le jus chauffé de 90 à 95° à la partie inférieure. L'air froid arrive par le bas, au fur et à mesure que le liquide descend, il subit l'action de l'air, il s'oxyde et se refroidit en même temps qu'il s'évapore. Cette évaporation provoque le départ des matières

Digitized by Google

aromatiques antiseptiques et une concentration dans des conditions telles que la fermentation ultérieure est complète et s'achève dans un délai de dix-huit à vingt heures.

Ce mode de travail présente encore l'avantage d'enlever la petite quantité d'acides de la série grasse dont on a reconnu la présence dans les betteraves non mûres ou altérées.

Avec les jus denses, on peut, dans ces conditions, obtenir des vins à 8-9 p. 100 d'alcool et la stérilisation est suffisante pour diminuer la dose d'acide sulfurique à 1 gr. 4 — 1 gr. 6 SO^4H^2 par litre. L'aération rapide produit une concentration évalué à 10 p. 100. Le chauffage du jus de 90 à 95° s'obtient d'abord par la chaleur perdue de la vinasse au moyen d'un échangeur de température.

Des jus à la densité de 106,0 ont donné des vins 8° G. L.

2. Fermentation des jus de betteraves par les procédés Jacquemin.

Il n'y a pas bien longtemps encore, la fermentation en distillerie agricole s'effectuait selon des procédés empyriques. C'était, comme disaient les distillateurs eux-mêmes, la bouteille à l'encre.

Les mises en route, au début de la campagne constituaient un gros problème à résoudre. Nous connaissons des distilleries où les premières cuves étaient absolument manquées. Le jus de betteraves non fermenté était jeté dehors et l'on recommençait pour ne pas réussir encore, tant qu'enfin, après plusieurs jours d'onéreux et très pénibles tâtonnements, la fermentation se décidait à partir et, s'il n'y avait pas trop d'arrêts, du fait de la distillation, des générateurs ou des moteurs, se poursuivait au petit bonheur jusqu'à la fin des opérations.

Les difficultés du commencement tenaient d'abord à la nature de la levure employée pour amorcer les « pieds de cuve ».

Cette levure était, et est généralement encore, de la levure de bière, sur la pureté de laquelle il y aurait beaucoup à dire. Mais admettons, pour un instant, que cette levure soit pure, elle se trouve dépaysée dès qu'elle entre en contact avec des

Digitized by Google

moûts de betteraves d'autant plus acidifiés qu'ils ne sont pas stérilisés. Pour se préserver des accidents dus aux actions bactériennes, le distillateur a porté son acidité à 2 gr. 5 d'acide sulfurique par litre au minimum; quelquefois il est allé plus haut.

Or, comme le fait remarquer M. G. Jacquemin, dans l'ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : les *Fermentations rationnelles*, cette levure résiduaire de brasserie sort de moûts neutres et, de plus, elle vient d'accomplir un travail très facile en transformant en alcool du maltose, sucre directement fermentescible. Tandis qu'en distillerie cette même levure est chargée d'une double mission, très laborieuse pour elle : invertir le saccharose des betteraves et fermenter en moût acide.

« Des expériences ont été faites en industrie, écrit M. Jacquemin, sur la part qu'il fallait attribuer à l'acide, à haute température, mais sans ébullition, dans la transformation du saccharose en glucose. Il a été reconnu que cette part était très faible et que la presque totalité de l'inversion restait à la charge de la levure.

« Celle-ci a donc deux efforts à faire : convertir le saccharose en glucose; transformer le glucose en alcool.

« Si la levure s'acquitte mal de sa première fonction, il lui sera impossible d'effectuer convenablement la seconde : les cuves tomberont mal et beaucoup de sucre restera dans les vins. D'où mauvais rendement.

« Mais, indépendamment de la perte occasionnée par la transformation incomplète du saccharose ou l'arrêt de la fermentation du glucose par suite de l'épuisement de la levure, il va se produire un autre grave inconvénient qui est celui-ci :

« Pendant que la levure anémiée est occupée à invertir le saccharose non fermentescible en glucose fermentescible, on constate l'envahissement du jus non stérilisé par les levures sauvages, les moisissures et les bactéries dont nous avons constaté plus haut la présence dans les moûts. L'évolution de tous ces micro-organismes se fait aux dépens du glucose et partant de l'alcool. Pour peu que la température des jus s'élève, les bactéries et les mauvais ferments prennent le dessus; les cuves noircissent; l'acidité formée est devenue

Digitized by Google

très forte; le densimètre accuse une chute anormale, la fermentation s'est arrêtée avant la fin.

« On passe à la distillation et voilà, par surcroît, de la vinasse infectée rentrant dans le travail. C'est un cycle complet d'accidents, dont le distillateur ne sortira qu'au prix de beaucoup d'ennuis et de pertes d'argent.

« Il est donc nécessaire d'employer une levure active pour remplir la double fonction départie au ferment et triompher de tous ces ennemis.

« Mais il ne suffit pas que la levure soit pure, il faut qu'elle soit appropriée.

« La levure de bière doit être rigoureusement proscrite, pour les raisons suivantes;

« Pour résister à l'action des acides, des jus de betteraves, une levure comme la levure de brasserie, habituée à vivre en moût neutre, ne saurait convenir, sans avoir subi une acclimatation préalable, qui s'effectue au reste, spontanément, à la distillerie même. C'est ce qui explique ces mises en route laborieuses des commencements de campagnes ou des reprises à la suite d'accidents ayant longuement arrêté l'usine. »

Mais il est en outre un accident auquel la levure de brasserie est exposée, surtout au départ, plus encore que dans le cours normalement établi du travail, c'est la température d'évolution.

La levure de brasserie, nous parlons de la levure des brasseries de la région du Nord, travaille à des températures variant entre 12 et 15° centigrades ou la jeter immédiatement dans des moûts de betteraves à 28, 30 et quelquefois 32° les brusques changements ont pour principal effet d'anémier le ferment et de favoriser en même temps les bactéries lactique et butyrique, qui se trouvent dans leur température de prédilection, malgré l'acidité très forte des moûts à laquelle ils s'habituent très vite; et les bactéries, c'est comme la mauvaise herbe. On n'en sème nulle part, on en trouve partout.

Le vin qui passe à la colonne en est infesté, et il faudrait se garder de croire que la vinasse qui va en sortir pour rentrer dans le travail est stérilisée par la haute température de la distillation. Une expérience facile à faire va le démontrer; elle consiste à dissoudre un peu de sucre raffiné ou cristallisé dans

Digitized by Google

de la vinasse et d'exposer l'éprouvette contenant la solution près d'une colonne à distiller où elle se trouvera à bonne température. Cette vinasse sucrée ne tardera pas à entrer en fermentation. Levures et bactéries se sont remises en marche. Et alors, on comprend les accidents qui suivont l'emploi d'une vinasse suspecte. Il faut, à tout prix s'en débarrasser et recommencer à l'eau, non sans un nettoyage sérieux des cuves, des macérateurs et des rigoles.

Après ces explications, les anomalies de la fermentation s'éclairent et il est facile de raisonner les phénomènes qui se passent à la cuverie.

Une conclusion s'impose alors d'elle-même : Nécessité d'une levure appropriée, pure d'abord, vigoureuse, transformant rapidement le saccharose en glucose, supportant les fortes acidités et les hautes températures.

Cette levure, ou plutôt ces levures existent et sont couramment employées par les distillateurs agricoles fatigués de travailler aveuglément et de se trouver à chaque instant à la merci d'accidents qui se traduisent à la fois par des préoccupations sans nombre et des pertes d'argent très sensibles.

La fermentation pure, par des procédés comme ceux de M. Jacquemin, est devenue d'une pratique absolument élémentaire, tellement élémentaire que les contremaîtres des plus petites usines perdues au fond des campagnes les conduisent avec une sûreté qu'on aurait cru incompatible avec les usages industriels.

Jamais un accroc n'arrive. Arrive-t-il, aussitôt il est réparé. Mais, en général, il ne s'en produit pas. Et la cuverie est de toute l'usine la partie qui inquiète le moins le distillateur.

Les levures pures ont été sélectionnées et cultivées d'abord dans des laboratoires, de façon à répondre à toutes les exigences de la distillerie.

Ce sont des levures de raisins, produisant un alcool neutre, familiarisées aux moûts acides et pouvant affronter des températures élevées. M. Jacquemin cite, dans son ouvrage sur les *Fermentations rationnelles* l'exemple de cuves fermentées à fond et ayant, à la chute 38° et même 44° centigrades.

L'essai a été fait plusieurs fois en betteraves et en mélasse. Et, chaque fois, la fermentation a été parfaite et complète,

Digitized by Google

parce que la levure était pure. Il ne faut pas oublier ce détail important.

La levure pure, autrefois, présentait de sérieuses difficultés d'application en industrie, par suite des cultures auxquelles

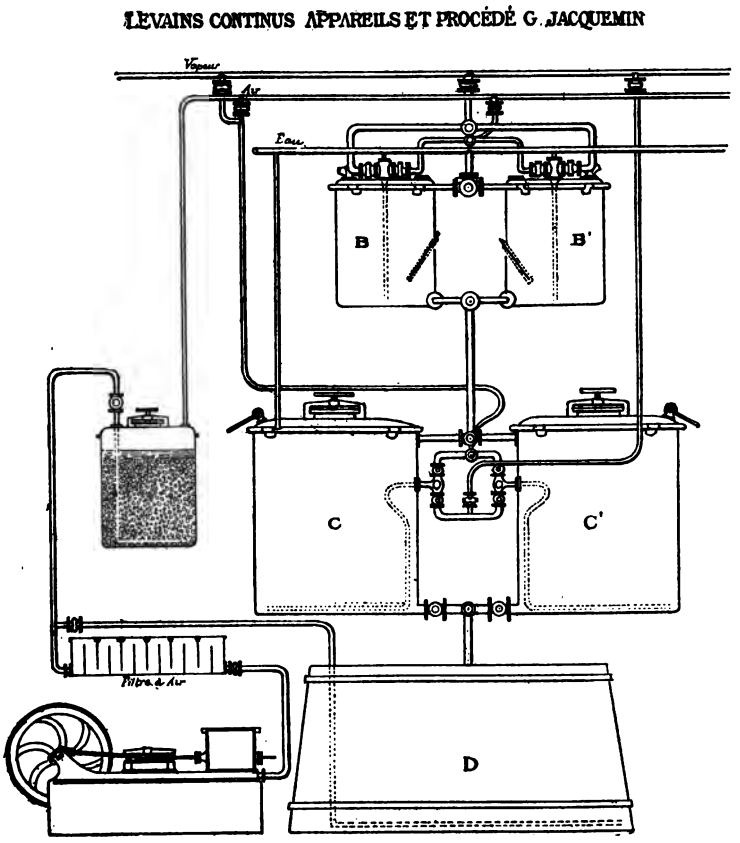


Fig. 63. — Levain Jacquemin.

il fallait se livrer pour « réveiller » la goutte de ferment expédiée sur un tampon de coton par les laboratoires qui la préparait. La plupart du temps, on manquait l'opération et celle-ci avait le grave inconvénient de demander des jours et des semaines, avant de donner naissance à un très petit levain.

Aujourd'hui il n'en est plus ainsi.

Digitized by Google

La levure pure initiale est envoyée sous un volume suffisant, dans un moût nourricier, où elle végète assez lentement pour ne pas s'épuiser et peut se conserver pendant des années entières, sans perdre aucune de ses qualités.

Nous avons vu employer des levures Jacquemin restées trois ans dans la cave d'une distillerie. Au bout de vingt-quatre heures, ces levures donnaient un premier petit levain de deux hectolitres et vingt-quatre heures plus tard, elles ensemençaient des cuves de 750 hectolitres. La fermentation était d'une activité telle qu'en douze heures, chargement compris, ces cuves étaient complètement tombées; le jus de chargement étant en moyenne à la densité de 1.050.

M. Jacquemin a imaginé tout un petit outillage destiné à la culture industrielle de ses ferments sélectionnés, si répandus en distillerie maintenant.

Le schéma ci-dessus en est la représentation exacte (fig. 63).

A gauche, sont les appareils de purification de l'air : pompe aspirant l'air au-dessus de l'usine et le refoulant dans un filtre à coton stérilisé et de là dans un laveur d'air, doù il passe dans un collecteur sur lequel sont branchées les conduites d'air de chacune des bassines.

A droite, les bassines de culture de différent volume BB'CC', dans lesquelles s'effectue la culture en grand des ferments sélectionnés.

Chaque bassine est munie à la partie inférieure d'un tube en cuivre perforé, par lequel passent alternativement la vapeur pendant la stérilisation, et l'air, pendant le refroidissement d'abord, et pendant la fermentation du moût.

Les robinets placés sur les collecteurs ou sur les bassines sont agencés de telle façon que l'ouvrier ne peut envoyer de la vapeur dans la tuyauterie d'air, par où elle irait désorganiser le filtre à coton. La vapeur passe seule dans les bassines, ou l'air pur seul; aucune collision n'est possible. Ceci exposé, voici comment fonctionnent les bassines.

Dans la première petite bassine A, on introduit le moût de betteraves convenablement acidulé. On porte à l'ébullition pendant quelques minutes, puis on refroidit en faisant barboter de l'air à l'intérieur de la bassine et de l'eau à l'extérieur.

Digitized by Google

A la température de 28-30° centigrades, la levure pure initiale est versée dans le moût refroidi. Quelques heures plus tard, la fermentation se déclare et le levain ne tardera pas à être bon à prendre.

On prépare alors la petite bassine B à côté, dans laquelle on stérilise et on refroidit du moût de betteraves, que l'on ensemence par la mise en communication pendant quelques instants des deux bassines ensemble.

On envoie ensuite le petit levain A prêt à employer dans une bassine beaucoup plus grande, disposée au-dessous des premières, comme sur la fig. 63 ou à côté, comme cela se fait plus souvent en pratique. Dans cette grande bassine, on a préalablement stérilisé et refroidi du moût de betteraves.

En six ou sept heures, ce moût est en pleine fermentation, on le descend dans une grande cuve D, où il va servir de pied, de même que la cuve qui le reçoit servira, pendant douze ou vingt-quatre heures, de cuve-mère pour toute la cuverie.

Douze heures ou vingt-quatre heures plus tard, suivant les distilleries, une nouvelle série de levains et une nouvelle cuve-mère, auront été faits, et ainsi de suite pendant toute la fabrication.

De sorte que ce qui effrayait tant les distillateurs autrefois, au début du travail, est une pratique courante et journalière qui s'effectue, en levure pure, le plus naturellement et sans le moindre incident, sans le plus petit arrêt dans la fermentation.

Et pourquoi refaire ces mises en route tous les jours, alors que le microscope n'accuse aucune contamination? C'est afin de ne pas laisser prendre pied aux moisissures, aux levures sauvages, et même au ferment propre à la betterave que M. Jacquemin a représenté dans son ouvrage sur les *fermentations rationnelles* (fig. 64). En moins de quarante-huit heures de marche en coupages, ce ferment serait en pleine évolution. On le reconnaîtrait à la nature des mousses, qui de légères et nacrées deviennent grasses et mattes, et à l'acidité des chutes qui tendà augmenter ; car, à côté de ce ferment, évoluent tous les mi-croorganismes cohabitant avec lui sur la partie extérieure de la betterave.

Enfin, l'alcool, au lieu d'avoir ce goût franchement vineux

Digitized by Google

que donne le ferment du raisin, sentirait son fruit, c'est-à-dire aurait cette saveur désagréable de la betterave, qu'on trouve

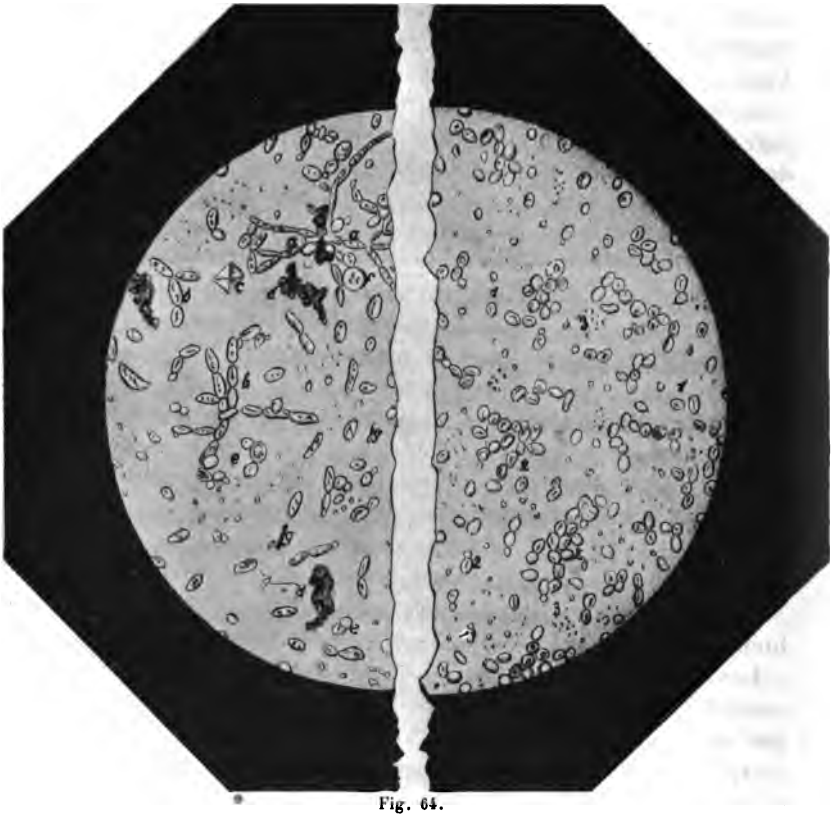


Fig. 64.

LEVURE SPONTANÉE DE BETTERAVE.

a. Cellules allongées de moisissures en longs chapelets.
b. Cellules allongées de levures naturelles de betteraves.
c Cristal d'oxalate de chaux.
d. Matière organique provenant des betteraves.
e. Cellules arrondies de ferment naturel de betteraves.
f. Cellules rondes beaucoup plus grosses de levures sauvages amenées par l'air.
g. Ferment producteur d'acide butyrique.

LEVURE PURE DE JACQUEMIN POUR FERMENTATION DES BETTERAVES.

1. Cellules isolées.

2. Cellules en chapelet ou bourgeonnant.

3. Dépôt naturel du moût nourricier d'expédition de la levure, animé du mouvement brownien.

dans les flegmes et quelquefois même dans un alcool mal rectifié. Tandis que, dans la fermentation pure par la levure de vin, il est presque impossible de percevoir le goût de la ma-

Digitized by Google

tière première. Des flegmes à haut degré pourraient même passer pour de l'alcool rectifié, tant ils sont limpides et dépourvus d'arôme. S'ils ont un léger goût, ils rappellent plutôt le kirsch. Il ressort de ceci qu'à la rectification, de semblables flegmes donnent généralement de 92 à 95 0/0 de bons goûts. Aussi sont-ils recherchés par les rectificateurs.

La fermentation pure par la levure de vin a un autre avantage plus appréciable peut-être : celui de donner le maximum de rendement, de diminuer par conséquent la quantité de betteraves, nécessitée pour la fabrication d'un hectolitre d'alcool. Il serait difficile de chiffrer la différence de rendement entre le travail par les anciens procédés et celui par la levure pure. Cependant on peut affirmer qu'il faut, par hectolitre d'alcool dans le premier, cent kilos de betteraves à 5° par exemple, en plus, quelquefois même le double, que dans le second.

Dans deux distilleries du département du Gard marchant, côte à côte, par les deux procédés, on a pu constater, en 1899, une différence plus forte encore. L'une et l'autre employaient une betterave sensiblement la même, titrant de 4°6 à 4°8. Or, en moyenne celle qui fermentait à la levure pure employait quatre cents kilos de moins que l'autre.

Outre l'économie de matière première, il en est une autre bien digne de considération : celle des accidents de cuverie.

Les difficultés éprouvées à la mise en route au début de la campagne se représentent identiques à chaque arrêt motivé par un cas de force majeur, tel qu'une avarie de machine, un coup de feu sur les tôles des générateurs, un arbre de transmission qui se brise, etc.

Et c'est la misère qui recommence. Dans le travail par les nouveaux procédés, s'il est une chose dont on ne s'occupe pas dans une telle occurrence, c'est de la fermentation. Les cuves en marche tombent et attendent sans presque faire d'acide, leur tour de distillation. Quant aux appareils à levains, il a suffi pour ralentir leur marche de faire couler de l'eau froide sur les bassines.

Un exemple très intéressant est cité par M. Jacquemin, dans ses *Fermentations rationnelles*.

« On avait décidé de commencer la fabrication chez

Digitized by Google

MM. Dhalluin et Cie, à la Chapelle d'Armentières, le lundi 11 septembre.

« Le 11 septembre, à 7 heures du matin, nos levains étaient prêts à entrer en cuve. Cependant une entrave dans le transporteur hydraulique nous retarda jusqu'à 1 heure de l'après-midi.

« A 1 heure, la macération livrait ses premiers jus. Notre levain arrivait en même temps dans la cuve n° 1. A 3 heures et demie, cette cuve de 150 hectos était remplie et en pleine fermentation. A 4 heures, on commençait à la couper avec la cuve n° 2. A 7 heures, le n° 2 était plein à son tour, et nous amorcions le n° 3. et ainsi de suite, de trois heures en trois heures.

« On marcha sans le moindre incident pendant sept semaines. Le 31 octobre, à 9 heures du matin, le corps de pompe à eau tombait à 54 mètres dans le forage. L'usine était arrêtée pendant cinquante-deux heures. Et nos levains, que devenaient-ils pendant ce temps-là ?

« Justement, ils étaient bons à prendre. Ils devaient être employés à 2 heures de l'après-midi. Impossible d'arrêter leur marche par un abaissement de température, puisque la pompe ne peut plus nous envoyer d'eau et qu'il n'existe pas dans l'usine de bâche de réserve. Nos bassines sont à la température de 30° centigrades. Elles seront tombées vers trois heures de l'après-midi au plus tard.

« Cependant nous sommes très peu préoccupés par l'accident ; nous attendrons qu'il soit réparé, s'il ne tarde pas trop toutefois, pour reprendre notre route comme si rien d'anormal ne s'était passé.

« Le 2 novembre, à 1 heure du soir, la pompe se remet en marche. Les premiers jus de macération arrivent. Sans hésiter, nous amorçons la fermentation avec un levain qui aurait dû être employé cinquante heures auparavant, le 31 octobre.

« A vrai dire, la fermentation tarde un peu plus que d'ordinaire à prendre, mais elle finit, au bout de trois heures, par s'ébranler ; cinq heures plus tard, la cuve-mère était remplie et en activité, on commençait à la couper avec la cuve n° 2.

« Voilà donc un gros accident mécanique qui ne s'est pas compliqué d'un et même de plusieurs accidents de cuverie.

Digitized by Google

« Lorsque des accrocs de ce genre se produisent, on a soin, par exemple, de vider les macérateurs, autrement la fermentation spontanée et bactérienne dont ils seraient le siège pendant l'arrêt viendrait jeter le désordre dans les cuves et paralyserait sur-le-champ l'action de la levure pure.

« Si l'on veut bien y réfléchir un instant, le fait que nous venons de signaler comporte des conséquences extrêmement intéressantes.

« Une distillerie marchant avec ma levure et mes appareils vient-elle à stopper, pour une raison ou pour une autre, la fermentation des levains s'arrête en même temps, dût l'interruption durer deux, trois, voire quatre jours. Il a suffi d'ouvrir sur les bassines le robinet d'eau froide et d'abaisser la température au degré le plus bas possible. La fermentation se ralentit au point de ne plus faire que 2 ou 3 dixièmes par 24 heures. On peut attendre en toute sécurité la reprise du travail. Quand à celle des levains, elle est immédiate, dès que la température normale a été rendue au ferment. »

La régularité de la fermentation n'est pas l'un des moindres avantages de la pureté, car elle permet de régler son travail comme ou réglerait une montre.

Veut-on marcher vite, c'est une question de température que l'on élève de quelques degrés, si le travail presse et que la distillation attend. Veut-on le retarder, on coule plus froid. En un mot, on est maître absolu de son travail suivant une expression très juste, on l'a dans la main.

Mais, en règle générale, à la température normale de 28 à 30°, elle est d'une rapidité plus grande que quand on fait usage d'une levure résiduaire de brasserie ou de grains.

On marche, suivant acidité, de 3 à 4 dixièmes à l'heure, quelquefois davantage selon que l'on met en œuvre de la betterave plus ou moins pure.

C'est ainsi que nous avons vu des distillateurs pouvant sans augmentation de frais généraux augmenter leur production journalière de 15 à 20 hectolitres d'alcool, s'ils n'étaient tenus soit par la macération, la diffusion, ou les presses, d'une part, soit par les colonnes à distiller ou à rectifier.

Une cuverie suffisante pour la fermentation en levure quelconque, mais impure, est d'ordinaire plutôt trop grande quand

Digitized by Google

les fermentations normales s'effectuent sous l'influence d'un ferment pur et actif.

Le chargement ne s'opère plus sur trois et quatre cuves à la fois, comme dans l'ancien travail. La cuve-mère et celle qui est en coupage avec la cuve-mère suffisent à absorber tout le jus de la macération, des presses ou de la diffusion. On peut couler à plein tampon, ces deux cuves ne montent pas en densité, et quand même, elles monteraient, peu importe, car on peut être certain qu'elles finiront à zéro, et au-dessous de zéro, suivant qu'on travaille à l'eau ou qu'on fait rentrer de la vinasse en proportion variable dans le travail. Il suffit, dans ce second cas, de déduire le degré de densité de la vinasse de la densité de chute.

A titre d'exemple, voici une cuve de 860 hectos, chargée le 19 octobre à 4 heures du soir. (Diffusion à l'eau). Elle est pleine à 11 heures du soir.

Sa densité est de 2°7, à la température de 31°.

A minuit,	densité	+ 2°4,	température	29° (1)
2 h. matin	»	+ 1°8	»	30°
4 h. »	»	+ 1°	»	32°
6 h. »	»	+ 0°4	»	33°
8 h. »	»	0°0	»	34°
10 h. »	»	— 0°2	»	34°
Midi	»	— 0°3	»	34°

La cuve suivante est chargée le même jour à 8 heures du soir.

Pleine, elle est à la densité de 2°5, température 29°.

2 h. 30 du matin	+ 2°4,	température	29°
4 h. du matin	+ 2°	»	31°
6 h. »	+ 1°5	»	31°
8 h. »	+ 1°0	»	32°
10 h. »	+ 0°3	»	33°
Midi	— 0°2	»	35°
2 h.	— 0°3	»	35°

La betterave employée titre 1,075 à 1,080.

C'est de la betterave de sucrerie.

La tendance de la distillerie agricole est à la betterave riche,

(1) Cuve munie d'un réfrigérant.

Digitized by Google

à la betterave de sélection, surtout dans les usines qui extraient le jus par la diffusion.

La fermentation des jus riches est fort active, la betterave étant très pure; les chutes sont totales, et l'on remarquera la haute densité à laquelle sont les cuves précitées lorsqu'elles sont pleines.

Auparavant on s'évertuait à charger à cuves tombantes, ce qui obligeait à charger sur plusieurs à la fois, trois pour le moins, à prendre à chaque instant des densités sur les cuves en marche, ce qui compliquait le contrôle de la cuverie. Les cuves montaient-elles en densité, c'était un objet de préoccupation. Le distillateur était obligé de gourmander à chaque instant son personnel. Dans le travail par les procédés nouveaux, on ne s'inquiète plus de la densité, sans chercher toutefois à la laisser monter au-dessus de 2°5 à 3°; mais, si, par suite d'un coulage trop rapide, les cuves venaient à s'emplir à une densité plus élevée, il en résulterait un simple retard dans l'heure de la chute, mais la chute serait aussi complète, le sucre restant aussi insignifiant; l'acidité n'aurait pas augmenté.

De tout ce qui précède, il faut conclure que le travail de la cuverie, en distillerie agricole, comme en distillerie industrielle d'ailleurs, doit être raisonné. Or, il ne peut l'être que si l'on prend pour point de départ une levure pure à grande atténuation, facile à reproduire à l'usine dans des appareils appropriés.

Dans ces conditions, le distillateur est maître absolu de son travail. Il sait, heure par heure, ce qu'il fait. Il n'engage aucune opération sans être certain à l'avance qu'il la réussira. Survient-il un accident, sur l'heure il le répare, sans sortir de chez lui. Et il en sera ainsi de la première heure de la fabrication jusqu'à la dernière.

3. Appareil continu à levains purs, système Barbet.

M. Barbet s'est proposé de simplifier l'outillage en n'employant qu'un seul et unique récipient à levains purs; il le fait suffisamment grand pour que l'on puisse en soutirer des levains

Digitized by Google

pour chaque cuve, et en volume convenable pour donner à la cuve le nombre de cellules qui lui est nécessaire. Il n'y a plus de levains intermédiaires à air libre entre cet appareil et la cuve.

De plus l'appareil est continu, en ce sens, qu'une fois ensemencé il n'est jamais vidé à fond ni stérilisé à nouveau. Après chaque soutirage de levain, il reste suffisamment de moût en fermentation, pour produire, dans l'espace de temps voulu,

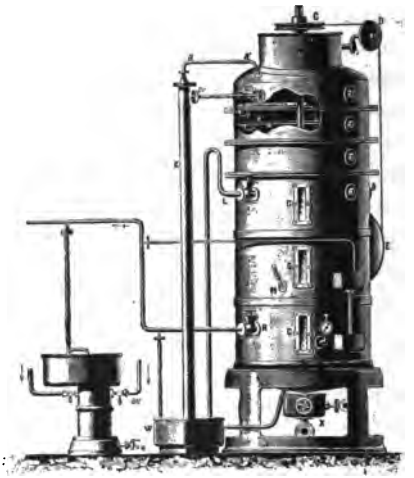


Fig. 65.— Appareil Barbet pour levains

un nouveau levain, et ainsi de suite. La stérilisation des charges se fait à part ; on refroidit le liquide dans un réfrigérant clos et entièrement aseptique, et toutes les précautions sont prises pour éviter les rentrées d'air et les contaminations.

L'appareil, aux dimensions près, ressemble à la plupart des autoclaves à levure, sauf un perfectionnement très important destiné à donner une très grande vitalité à la levure, et dont l'idée a été suggérée à Barbet par M. le Dr Calmette, le savant directeur de l'Institut Pasteur de Lille. La levure y est cultivée en *aérobiose*, c'est-à-dire sur des plateaux où le moût s'étale largement au contact de l'air.

L'appareil à levains (fig. 65), est un cylindre vertical, en cuivre ou en tôle, porté sur un socle en fonte, et composé de

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

deux parties distinctes : le bas fait réservoir de jus en fermentation pure, tandis que le haut comprend de quatre à six plateaux d'aérobiose sur lesquels le liquide forme une couche très mince d'environ 2 centimètres d'épaisseur.

Le liquide du réservoir inférieur est perpétuellement remonté sur le plateau supérieur au moyen d'un émulseur à air stérilisé K.

On connaît le principe de l'émulseur ; M. Zambeaux l'a utilisé d'une façon très ingénieuse pour monter l'acide sulfurique dans les réservoirs supérieurs des tours d'épuration. L'émulseur K est une sorte de petit tubulaire qui est très allongé et qui ne comprend que six à dix tubes de cuivre de faible diamètre. Dans l'orifice inférieur de chacun des tubes s'engage une petite buse verticale par laquelle sort un jet d'air stérilisé. L'air se divise en une série de bulles qui occupent toute la largeur du tuyau, et qui sont séparées les unes des autres par des anneaux de liquide que l'on a comparés à des pistons liquides. Si l'arrivée d'air est suffisante, la somme totale des pistons liquides dans l'un quelconque des tubes forme une colonne liquide de hauteur moindre que la hauteur du liquide existant dans le bas de l'appareil à levains. L'équilibre est rompu, et par suite de la loi sur les vases communicants, le liquide prend un mouvement ascensionnel continu dans le tube pour se déverser par cc′ sur le plateau supérieur d'aérobiose.

Ce plateau, étanche sur son pourtour, porte au centre un petit rebord qui forme déversoir. L'excès de liquide tombe sur le deuxième plateau qui, au contraire, n'a de déversoir qu'à la périphérie. Le liquide parcourt donc les plateaux alternativement de la circonférence au centre et réciproquement.

Dans tout ce parcours, le moût sucré en fermentation est étalé au large contact de l'air amené par l'émulseur. L'acide carbonique se dégage, le moût s'en débarrasse totalement, et à la place il se dissout de l'oxygène par un phénomène analogue à celui de la respiration pulmonaire.

Il est incontestable que de cette façon l'air agit beaucoup mieux sur la levure que l'air injecté en gros bouillons au fond d'un récipient. Une comparaison fera saisir la différence du mode d'action.

Digitized by Google

Supposons qu'au lieu de levure on mette dans le moût un organisme nettement anaréobie, comme par exemple une mucédinée.

La culture sur les plateaux va donner tout de suite des myceliums aériens. Tandis que dans le réservoir inférieur, on aura beau injecter de l'air, on ne produira que la forme anaérobie ou immergée de la mucédinée ; les myceliums se sectionneront et prendront la forme de globules ovales ressemblant à des levures et donnant une production d'alcool.

Un axe vertical traverse l'appareil à levains ; cet axe porte des brosses métalliques pour mettre en suspension les levures déposées sur les plateaux ; on les fait tourner de loin en loin par un mécanisme à la main, C D E ; H est une cuvette à eau formolisée pour noyer le calfat et la soupape de sûreté.

L est la sortie du mélange d'air et d'acide carbonique ; il barbote dans la cuvette W de l'émulseur.

M, tubulure d'ensemencement de la levure pure.

R, entrée d'air stérilisé pour barbotage direct.

G, glaces pour voir le niveau.

T, thermomètre.

X, robinet de vidange (noyé), portant latéralement une tubulure pour recevoir soit de la vapeur, soit de l'air stérilisé.

Le stérilisateur d'air, placé à gauche de la figure, se compose d'un filtre à ouate enfermé à demeure dans un autoclave à vapeur. L'air commence par circuler dans un serpentin noyé dans l'enveloppe à vapeur, où il peut s'échauffer à haute température. Puis il traverse de bas en haut le coton qui est chauffé par l'enveloppe du filtre. De cette façon toutes les parties de l'ouate sont portées à la température de stérilisation. On peut alors supprimer la vapeur, la filtration de l'air suffisant à le débarrasser de ses germes, pourvu que le coton soit purifié de temps en temps à la vapeur. On peut également laisser en permanence un filet de vapeur pour tiédir l'air, parce que l'aération refroidit sensiblement les moûts.

APPLICATION DU PROCÉDÉ AUX DISTILLERIES DE BETTERAVES

Une fois cet appareil à levains expliqué voici comment Barbet procède pour le travail de la betterave (fig. 66).

A sont les bacs mesureurs de jus de la diffusion ou de la

Digitized by Google

macération. La totalité des jus est stérilisée à une température très voisine de l'ébullition pour détruire, en même temps que les bactéries, la diastase saccharogénique que contient le jus de betteraves, et qui, d'après Barbet est l'adversaire de l'invertase de la levure.

La stérilisation se fait dans le bac en tôle C, et, pour réduire au minimum la dépense de vapeur et d'eau, le jus avant d'y entrer traverse un appareil tubulaire B, où il reprend, par un échange méthodique, la chaleur du jus stérilisé sortant de C, et entrant par la soupape R dans la caisse tubulaire ; le réfrigérant très méthodique V complète la réfrigération du jus.

Les caisses tubulaires avant emploi, sont soigneusement stérilisées à la vapeur (soupape J au récupérateur), ainsi que toutes les conduites de connexion; l'effet de la vapeur est complété par l'injection d'un peu de formol, instantanément diffusé par la vapeur dans toutes les parties des appareils.

Le jus stérilisé refroidi est dirigé soit dans l'appareil à levains M par la soupape L, soit à la cuverie par la soupape Y. Les jus doivent être distribués par des tuyauteries, et non par nochères à air libre, afin d'arriver sans contamination jusqu'aux cuves.

L'avantage de la méthode de stérilisation totale est le suivant : la destruction de la diastase saccharogénique permet de faire à la diffusion des jus à aussi haute densité que l'on veut, tandis qu'actuellement il est très difficile de fermenter à 4°. Le jus de betteraves devient aussi docile que la mélasse, laquelle, comme on sait, fermente à des densités bien plus élevées.

Or, comme la dépense de distillation est proportionnée au volume du vin, il y a grand intérêt à économiser une et même deux cuves par jour, grâce à des densités plus fortes. Celà constitue beaucoup plus d'économie que la stérilisation n'occasionne de dépense.

De plus, la diffusion elle aussi coûte moins de vapeur quand on ne tire que 120 p. 100 de jus que lorsque l'on tire 160 180 et même 200 p. 100 comme on le fait quelquefois en distillerie. La sucrerie épuise bien avec des extractions de 115 et même 110 p. 100; c'est aussi facile en distillerie si on le veut.

Digitized by Google

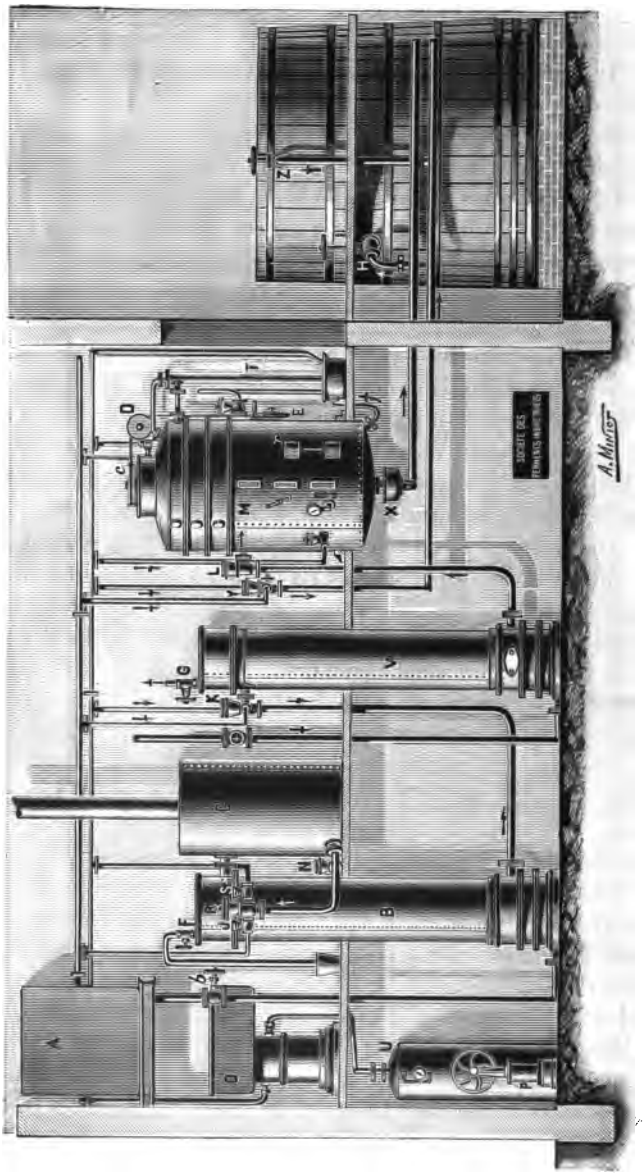


Fig. 60. — Levain Barbet.

Digitized by Google

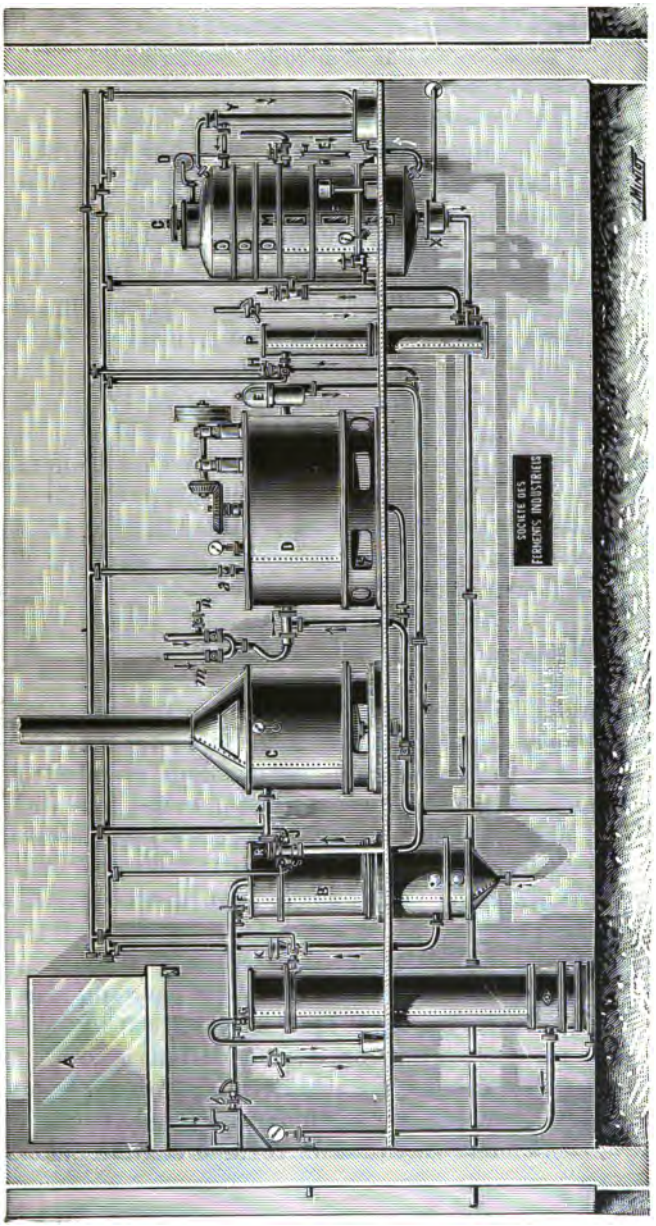


Fig. 67. — Levain Barbet.

Digitized by Google

On fait une économie de moitié d'acide, grâce à la fois à la stérilité du jus et à son moindre volume ; le jus n'a plus besoin d'une aussi forte protection contre les bactéries.

Un autre avantage consiste à ne plus mettre du tout d'acide dans les diffuseurs, et à diffuser à l'eau si l'on veut puisque les germes butyriques ou autres sont tués par le stérilisateur; donc plus d'usure des tôles perforées, et plus de formation de sel de fer antiseptique.

Enfin, en début de campagne, le premier pied de levain ne peut plus refuser de fermenter. Barbet conseille de faire le premier levain à la mélasse, pour ne mettre la diffusion en route que lorsqu'on est sûr d'avoir un bon levain pur disponible.

Une fois la fermentation bien établie dans l'appareil à levains, il n'y a besoin que de quatre à six levains par vingt-quatre heures. Si les cuves sont nombreuses, on n'aura qu'un levain sur deux, ou même sur trois cuves, ce qui ne semble pas avoir d'inconvénient; on coupera donc la cuve qui a reçu un levain avec sa voisine. Si l'on désire un levain pour chaque cuve il faut deux appareils à levains.

APPLICATION DU PROCÉDÉ A LA DISTILLATION DES MÉLASSES

La première idée consisterait à faire un travail analogue à celui que nous venons de voir pour la betterave ; on remplacerait les bacs mesureurs de jus par deux grandes cuves à diluer la mélasse à 1.080 ou davantage, et les opérations se suivraient dans le même ordre, sauf qu'on ferait réellement bouillir le stérilisateur, afin de dénitrer la mélasse.

Mais le dénitrage ne se fait pas bien en moûts dilués, parce que l'acidité n'est plus assez forte. Aussi Barbet a-t-il modifié le procédé comme suit (fig. 3).

A sont deux cuves de dilution à 28-30° Bé, avec un peu d'eau et la totalité de l'acide sulfurique nécessaire à la fermentation, *b* est un bac régulateur d'alimentation, B le récupérateur. La mélasse échauffée à 80° environ par ce récupérateur, entre au dénitreur continu C, où elle subit une ébullition de quinze à vingt minutes avant de sortir à continu par le fond de l'appareil.

Digitized by Google

De là, au lieu d'aller au récupérateur, elle se rend à un délayeur D, en cuivre, fermé par un couvercle en fonte, et muni d'un mouvement mécanique d'agitateur. Pour diluer la mélasse bouillante on emploie de l'eau chaude des condenseurs, et même une certaine proportion de vinasse bouillante; ces liquides sont réglés respectivement par les robinets *n* et *m*. et se mélangent à la mélasse avant l'entrée dans le délayeur dans une sorte de « mischapparat ».

La température de la dilution est en général de 80°. On peut l'augmenter un peu avec une injection de vapeur ; mais, en somme, eu égard à la présence de l'acide, la température de stérilisation efficace n'est pas très élevée, et les 80° font une purification pratiquement suffisante pour la courte durée de la fermentation industrielle.

A la sortie est une éprouvette E où l'on constate en permanence la densité et la température. 1.060 à 80° font 1.082 à 21°, température de l'envoi à la cuverie.

Au sortir de cette éprouvette, le moût dilué retourne au récupérateur B de tout à l'heure pour échauffer la mélasse à dénitrer. De là enfin il passe au réfrigérant V et à la cuverie.

Pour les levains M, on prélève directement sur le délayeur D du moût que, pour la circonstance, on réchauffe jusqu'à 97-98° afin d'avoir une stérilisation plus certaine. Réglé par la soupape H, ce moût se refroidit dans le réfrigérant spécial P, et entre par L dans l'appareil à levains. Cet appareil fonctionne comme nous l'avons vu plus haut. On peut s'arranger pour envoyer dans D un peu de sirop de maïs saccharifié à l'acide et filtré, afin de fournir à la levure quelques éléments plus favorables que ceux de la mélasse seule ; ou bien l'on se contente d'ajouter du maltopeptone ou du phosphate d'ammoniaque.

L'emploi des levains très actifs permet de charger les cuves à très haute densité, jusqu'à 1.100, ce qui économise du charbon pour le travail de potasserie. Cette même activité de fermentation permet d'arriver à peu près au même but par l'utilisation d'une certaine proportion de vinasse au délayeur. Si, par exemple, on fait entrer 1/4 de vinasse, il n'y a plus que 3/4 du volume des vinasses à évaporer, et une fois le régime établi, ces 3/4 contiennent la totalité des sels et des matières

Digitized by Google

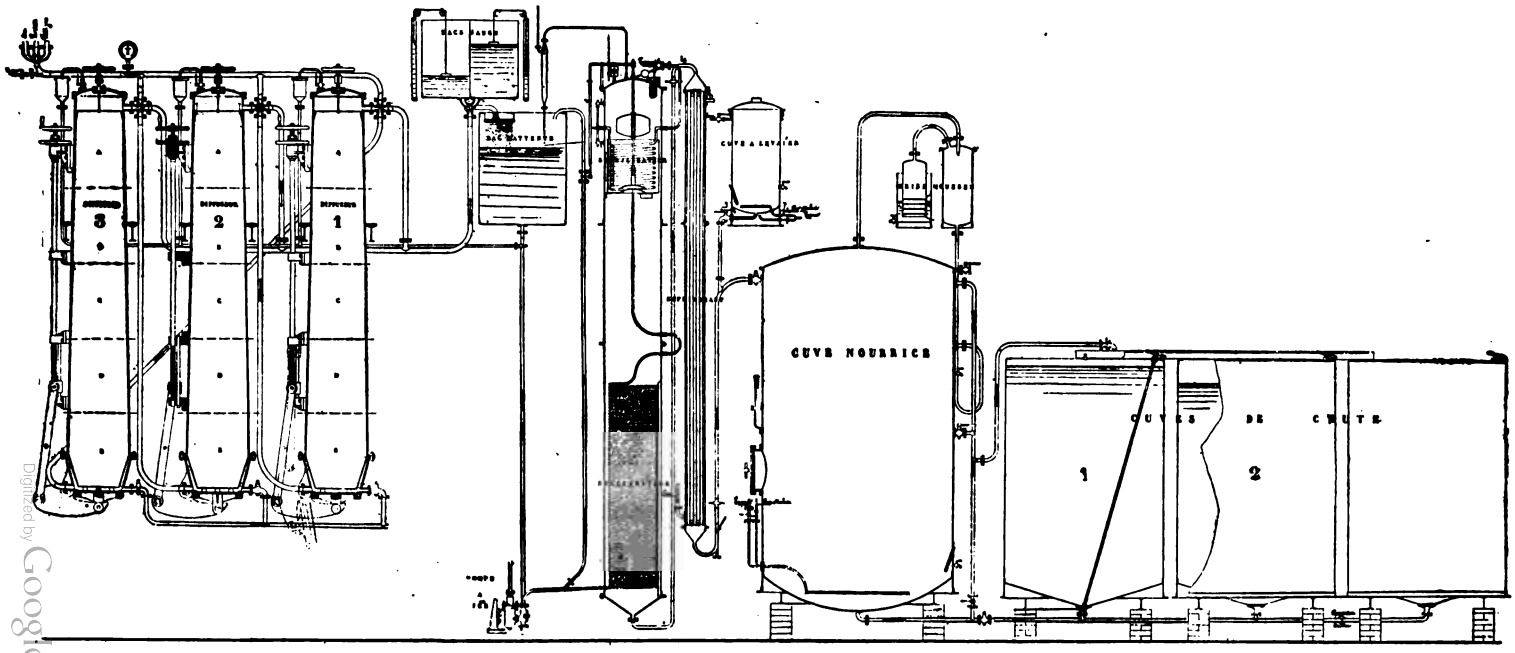


Fig. 68. — Diffusion et fermentation aseptique.

Digitized by Google

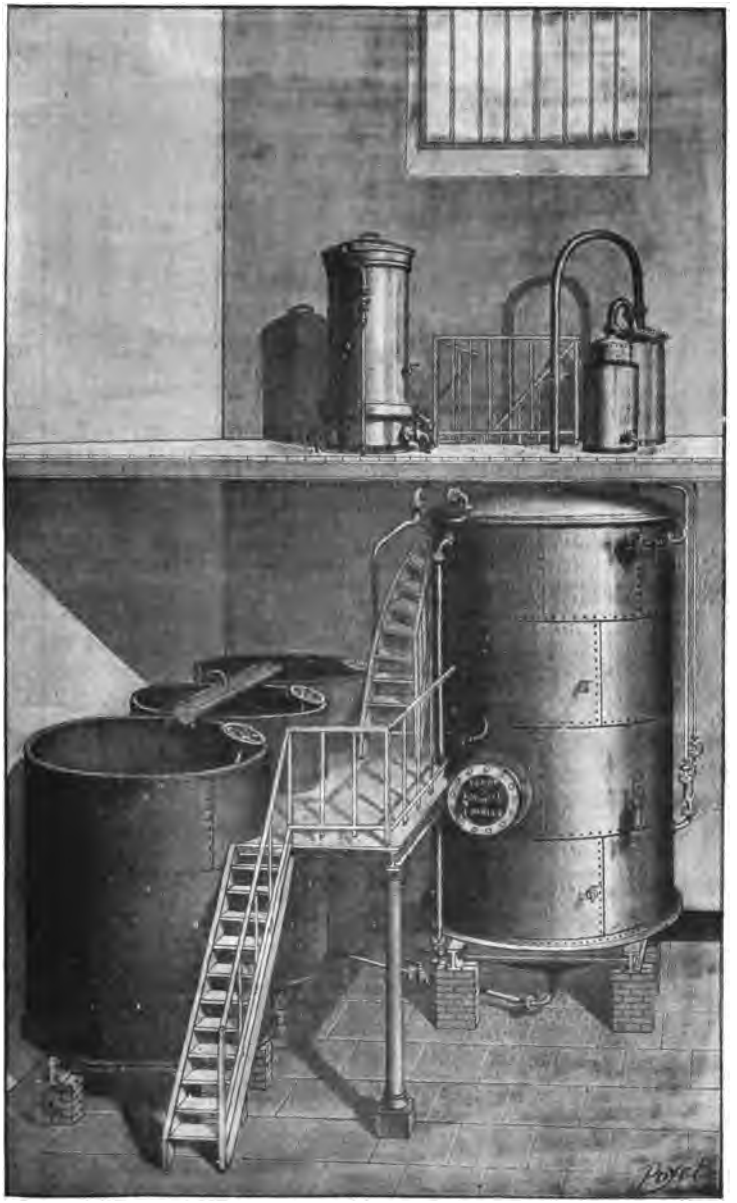


Fig. 69. — Fermentation aseptique.

Digitized by Google

organiques qui doivent sortir chaque jour du travail; les vinasses sont donc plus concentrées et l'évaporation demande d'autant moins de charbon.

Enfin les levains purs permettent de diminuer la dépense d'acidité, d'enrichir le salin en carbonate de potasse, et d'obtenir des flegmes plus purs.

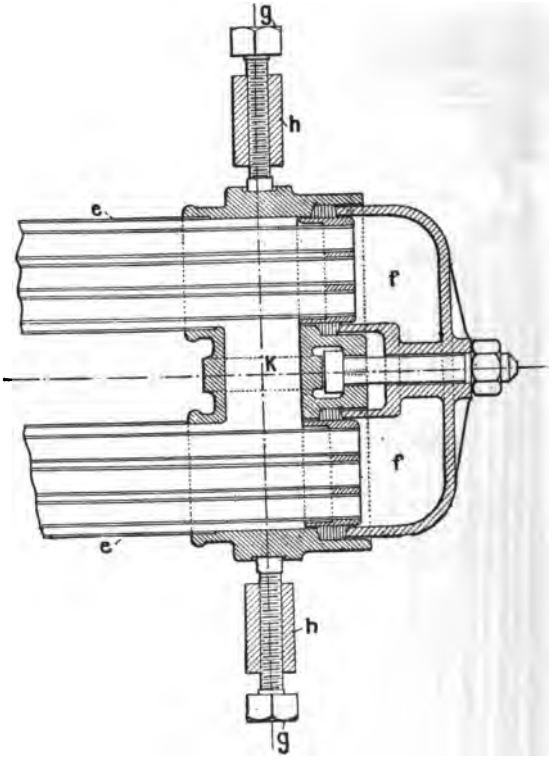


Fig. 70. — Stérilisateur Houdard

STÉRILISATEURS RÉCUPÉRATEURS AUTOMATIQUES

Système Houdard, Egrot et Grangé.

Le stérilisateur-récupérateur automatique se compose de trois parties essentielles : 1° Le faisceau tubulaire, qui comprend à la fois le récupérateur et le caléfacteur ; 2° le méca-

Digitized by Google

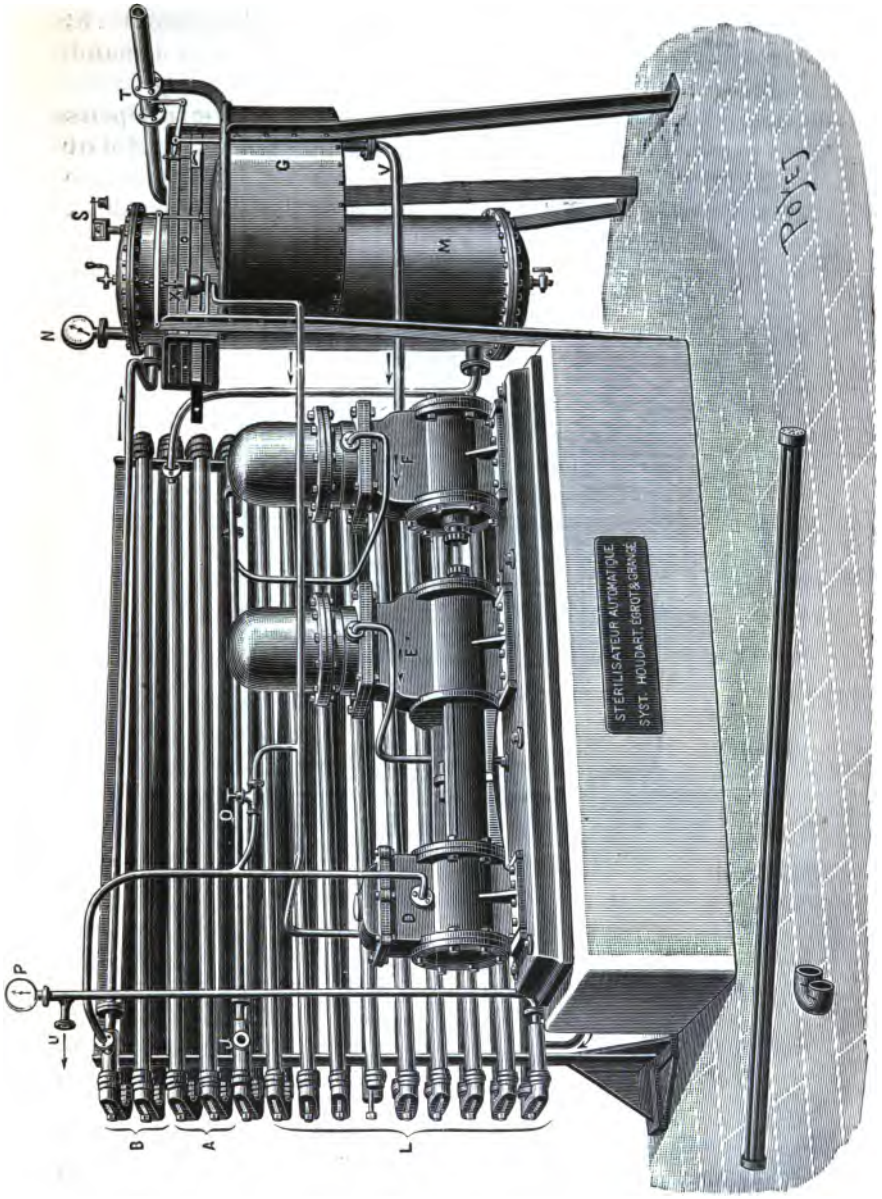


Fig. 71. — Sérilisateur Houdard.

Digitized by Google

nisme comprenant le moteur, les pompes et le régulateur ; 3° le récipient de stationnement.

Le faisceau tubulaire est formé d'une série de tubes droits qui contiennent eux-mêmes un faisceau amovible de tubes plus petits. Les tubes communiquent à leurs extrémités par des boîtes qui sont représentées par la figure 70 et qui, en même temps qu'elles mettent en communication l'intérieur de deux

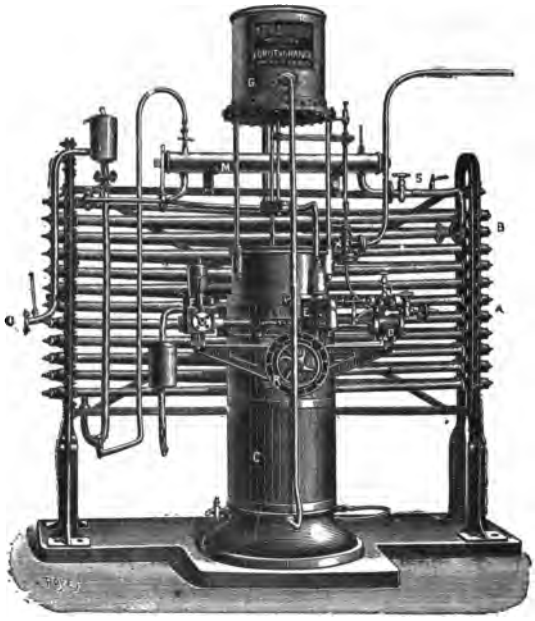


Fig. 72. — Stérilisateur Egrot et Grangé.

faisceaux consécutifs, viennent par leur serrage sur des bagues en caoutchouc sertir les faisceaux aux parois de tubes *e*.

Le récupérateur comprend ainsi deux canalisations, l'une extérieure aux tubes du faisceau qui les réunit par sa communication K, et l'autre intérieure qui communique par les boîtes *f*.

L'examen du dessin montre qu'il suffit de défaire un seul écrou pour démonter l'extrémité de chaque tube et sortir le faisceau tubulaire intérieur.

Digitized by Google

Le nettoyage de cet appareil est simple et cette disposition permet de plus, d'obtenir sous un petit volume une grande surface de contact, et, en diminuant les sections du passage du liquide de faire prendre une grande vitesse de circulation, ce qui favorise l'échange des températures.

Les moûts à stériliser arrivent dans l'appareil à la partie inférieure, et s'élèvent en s'échauffant graduellement au contact du liquide déjà stérilisé qui circulent en sens inverse de l'autre côté des surfaces tubulaires.

La partie supérieure B des faisceaux tubulaires est occupée par les caléfacteurs dans lesquels le chauffage est obtenu soit par l'eau chaude, soit par la vapeur, selon les cas. A est l'échangeur de température et la partie inférieure L est employée à l'achèvement du refroidissement par l'eau (fig. 72).

Il est nécessaire, pour obtenir la stérilisation parfaite, d'atteindre une température élevée de 110° à 120°.

La partie mécanique de l'appareil comprend une batterie de pompes actionnées directement par un cylindre moteur à vapeur ; des dispositifs sont adoptés pour que le débit des pompes puisse être modifié à la main pendant la marche.

La vapeur d'échappement du moteur est employée au chauffage du caléfacteur.

Enfin des régulateurs automatiques placés en G mettent en marche ou arrêtent l'appareil, selon l'arrivée ou l'arrêt du moût ; ils diminuent et augmentent le débit des pompes suivant la quantité à traiter.

Aucune communication ne devra exister entre le moût qui sort stérilisé et le moût entrant. Il faut s'assurer de l'étanchéité des deux canalisations. Un robinet *s* destiné à l'isolement, a été placé afin de faire cette vérification.

La figure 72 montre un stérilisateur-récupérateur d'un modèle plus petit, des mêmes constructeurs.

RÉFRIGÉRANT AUTOMATIQUE

Système Egrot et Grangé.

Le réfrigérant automatique, système Egrot et Grangé, se compose d'un faisceau tubulaire qui est constitué des mêmes éléments que celui du stérilisateur décrit précédemment. Il est

Digitized by Google

parcouru d'un côté par le liquide à refroidir, et de l'autre par l'eau employée au refroidissement.

Ces deux liquides sont refoulés dans leurs circuits respectifs par deux pompes actionnées par le même moteur à action directe.

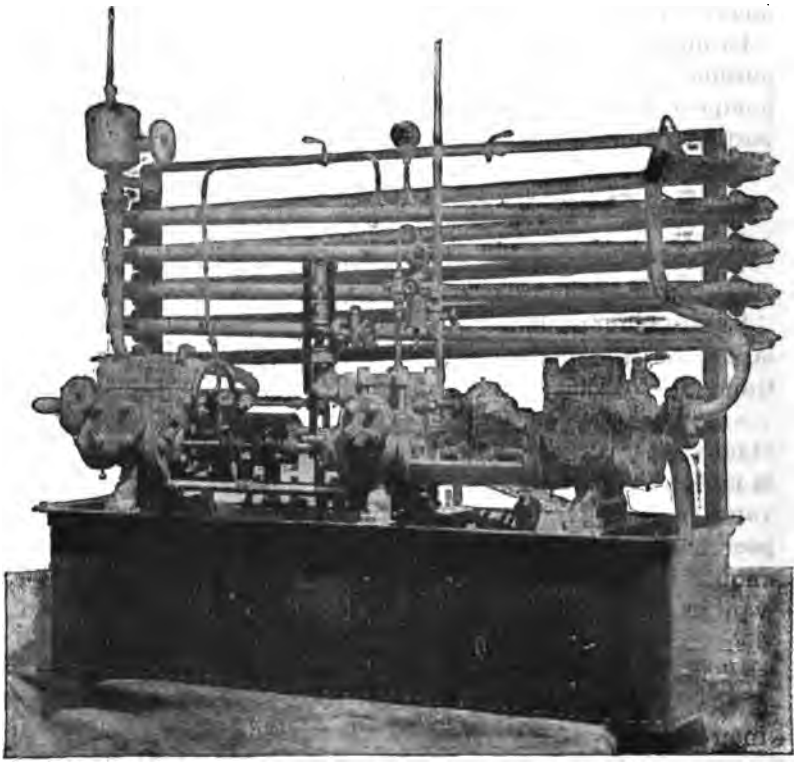


Fig. 73. — Réfrigérant automatique.

Les deux pompes sont montées sur une cuve métallique, formant socle, qui reçoit le moût à refroidir, et comportant un dispositif destiné à débarrasser le moût des matières étrangères qu'il aurait pu entraîner, en même temps qu'à l'aérer.

Le rendement de ce réfrigérant est dû à la grande vitesse du liquide à travers les tubes, qui assure une grande puissance de

Digitized by Google

transmission aux parois métalliques tubulaires, à travers lesquelles se fait l'échange de température.

Le nettoyage est facile, car il n'y a qu'un écrou à démonter à chaque faisceau tubulaire pour en visiter toutes les parties.

Enfin, dans ce réfrigérant automatique les pompes se mettent en mouvement ou s'arrêtent d'elles-mêmes lorsque le jus commence ou cesse d'arriver.

La quantité d'eau employée soit réglée automatiquement, puisque, quelle que soit la vitesse de la pompe à moût, la pompe à eau fonctionnant avec elle débitera une quantité proportionnelle.

4. Fermentation continue aseptique à la levure pure.

Système E. Guillaume et Egrot et Grangé.

La fermentation se fait à levure pure, et d'après une installation toute spéciale comprenant (fig. 68 et 69 et 74), d'après Guillaume :

« *a.* Une petite cuve à levain de 2 à 3 hectolitres, en cuivre et étamée à l'intérieur, pour le réveil de la levure, sa culture et la mise au point du levain. Cette petite cuve est stérilisée à la vapeur, et elle est munie d'une arrivée d'air stérilisé; les dispositions nécessaires sont prises pour y maintenir très facilement la température convenable et pour assurer le contrôle facile de la marche de la fermentation.

Le refroidissement, après stérilisation, est opérée par un ruissellement d'eau sur les parois extérieures; le chauffage nécessaire à la stérilisation de cette petite cuve est fait par une arrivée de vapeur intérieure; l'arrivée d'air stérilisé est réglée par un robinet placé dans la partie basse, et la disposition est telle qu'on peut faire arriver simultanément, et dans une proportion quelconque, l'air stérilisé et la vapeur. Enfin, le réchauffage, s'il est nécessaire en cours de culture du levain, se fait à l'aide d'une toute petite injection de vapeur, faite extérieurement sous le fond, et si, au contraire, il y a lieu de refroidir legèrement, il est facile de le faire dans la mesure convenable par un ruissellement d'eau extérieur dont on règle l'intensité à volonté. Un thermomètre placé à la partie infé-

Digitized by Google

rieure, dans une gaine faisant saillie intérieure et elle-même remplie d'eau, permet de suivre la température du levain.

Cette petite cuve à levain n'a d'ailleurs rien de particulier; et nous n'entrons dans sa description aussi détaillée que pour en faire comprendre la disposition et, plus tard, le fonctionnement à ceux qui sont peu familiarisés avec la culture des levains purs.

Elle reçoit des jus provenant du stérilisateur et elle déverse le levain, lorsqu'il est arrivé à maturité, dans la grande cuve dont il va être parlé.

b. Une grande cuve, fermée et aseptisée, pour opérer la fermentation principale; cette cuve a le fond fortement conique, de façon à pouvoir centraliser les dépôts pour les évacuer au fur et à mesure avec le jus; elle reçoit tout le jus provenant de la diffusion, passé préalablement au stérilisateur et refroidi à la température convenable, ainsi que les levains provenant de la petite cuve citée précédemment. Elle est munie d'une arrivée de vapeur et d'une arrivée d'air stérilisé, ainsi que des moyens nécessaires de contrôle de la température intérieure et de l'activité de la fermentation.

Au commencement de la campagne, cette cuve est complètement stérilisée à la vapeur avant de recevoir le levain préparé dans la petite cuve spéciale, située au-dessus, comme il a été dit précédemment; on laisse alors la fermentation s'établir et la cuve s'emplir normalement, de façon que la densité du jus se trouve atténuée (c'est-à-dire diminuée), dans la mesure qui convient le mieux, comme marche de régime, pour la rapidité de la fermentation.

Une fois cela fait, cette cuve reçoit, comme il a été dit, tout le jus produit et déjà stérilisé; elle alimente ensuite, d'une façon constante et successivement, 3 petites cuves ouvertes, placées en contre-bas et d'une hauteur à peu près moitié moindre, destinées à laisser tomber la fermentation et à envoyer le jus fermenté à la colonne à distiller.

Le jus peut sortir de la cuve principale pour aller aux cuves de chute, tantôt par le fond conique, tantôt par le milieu et tantôt par le haut.

Le niveau du jus en fermentation dans la cuve fermée est variable à volonté; cela permet de régler le volume de la masse

Digitized by Google

en fermentation, de façon à maintenir la même chute de densité du jus à la sortie, malgré les variations qui peuvent se produire dans le débit horaire du jus frais arrivant en fermentation.

La chute de densité tend-elle à descendre trop bas? cela veut dire que la fermentation est trop active, et que la masse du levain opérant cette fermentation est trop grande; par conséquent, il suffit de faire baisser le niveau du jus dans la cuve principale, en ouvrant plus fort le robinet de sortie qui alimente les cuves de chute; au contraire, la densité tend-elle à s'élever à l'arrivée du jus dans les cuves de chute? on réduit cette arrivée, en fermant un peu le robinet de sortie, ce qui a pour effet d'augmenter le niveau dans la cuve de fermentation principale, et, par conséquent, la masse de jus qui se trouve en pleine fermentation; la chute de densité augmentera certainement.

Enfin, si cela est nécessaire dans certains cas, par suite d'un arrêt ou de ralentissements prolongés par exemple, on peut encore diminuer l'intensité de la fermentation en augmentant un peu l'acidité sulfurique, ou bien en abaissant la température dans cette grande cuve par un ruissellement d'eau extérieur, ou bien même en combinant ces deux procédés.

Ces moyens multiples permettent de bien régler la marche de la fermentation sur la marche même du reste de l'usine, ce qui est indispensable pour la réussite du procédé.

La sortie du jus en fermentation par le fond conique de la cuve principale fermée a pour but de pouvoir entraîner, par des extractions périodiques, de jus allant aux cuves de chute, les dépôts divers (levures mortes ou autres), qui peuvent se faire dans le fond de cette cuve, et d'empêcher ainsi qu'ils y séjournent pendant un temps assez long pour qu'ils puissent y devenir nuisibles.

La prise du jus par le milieu permet d'extraire le jus à peu près à mi-hauteur de la masse en fermentation; enfin, la prise de jus par le haut permet de renouveler les mousses et toute la partie supérieure de la masse en fermentation.

On voit ainsi que, par cette disposition, chaque partie de la masse en fermentation, fond, milieu et partie supérieure, est exactement renouvelée à volonté; normalement, il suffit de

Digitized by Google

changer successivement et périodiquement les prises de sortie du jus pour que l'ensemble se maintienne dans les meilleures conditions. La sortie se fait, par exemple, pendant 4 heures par le milieu, puis 4 heures par le haut, puis 4 heures par le fond, de façon que le cycle entier soit fait une fois par poste (1).

Bien entendu, grâce à la petite cuve à levain, on peut, chaque fois qu'on le juge à propos, introduire un levain nouveau dans cette cuve fermée, de façon à en rajeunir la levure. De même, du reste, on peut facilement cultiver parallèlement le levain dans la petite cuve, en n'en vidant chaque fois que les 2/3 ou la moitié seulement dans la grande cuve.

Toutefois nous ne conseillons ce dernier moyen qu'avec une certaine réserve, parce que les chances de contamination de la grande cuve ne pourraient guère provenir que de la prolongation du fonctionnement de cette petite cuve ; et il suffit largement de cultiver cette petite cuve à levain pendant une seule journée, pour l'isoler ensuite d'une façon absolue, et cela chaque fois qu'on fait un nouveau levain à la levure pure pour le rajeunissement.

Bref, ce mode de fermentation donne une très grande élasticité dans le travail, et il permet d'obtenir de très bons résultats à tous les points de vue ; on voit que la principale fermentation se fait aseptiquement dans une grande cuve dont le jus est constamment renouvelé, arrivant toujours par le haut et sortant tantôt par le bas du fond conique, tantôt par le milieu et tantôt par la surface, le tout à volonté. *Ce renouvellement constant du jus a une très grande importance*, parce qu'il empêche l'accumulation des produits nuisibles au développement de levure que pourraient engendrer les résidus de la fermentation ou les sécrétions de la levure même.

Le dispositif général que nous indiquons ici nous paraît donc indispensable si l'on veut obtenir de bons résultats avec

(1) Quand le niveau intérieur de la cuve principale est au-dessous de la prise par le haut, on peut continuer à prendre par le milieu; du reste il est possible de disposer la prise du haut à l'aide d'un tuyau flexible muni d'un flotteur, de façon à lui faire suivre les fluctuations du niveau, la prise se faisant toujours dans la région supérieure, comme cela se fait dans les bacs décanteurs des jus carbonatés en sucrerie.

Digitized by Google

ce mode de fermentation continue, que l'on procède, du reste, soit par le système de fermentation à la levure pure, soit même seulement par la fermentation non aseptique à la levure ordinaire ».

Il y a incontestablement un grand avantage à faire que la masse principale du jus demeure continuellement en fermentation très active ; c'est la meilleure garantie contre la contamination.

La figure 74 représente les appareils installés par la maison Egrot et Grangé à la Distillerie de l'Isère, à Bourgoin, pour la stérilisation des jus sucrés et la préparation des levains.

Cet ensemble comprend : à la partie supérieure un double jeu de cuves aseptiques en cuivre, munies de tous les organes nécessaires à la surveillance du travail. La plus petite est la cuve à levain mère, laquelle reçoit la levure, qui y est mise en pleine activité. Le levain ainsi constitué est déversé dans la plus grande cuve, placée légèrement en contre-bas, où une tuyauterie préalablement stérilisée amène le jus, stérilisé également.

Le travail de la levure est réglé très facilement par le chauffage ou le refroidissement à volonté des liquides, et par l'arrivée d'air stérilisé. Cet air stérilisé est envoyé, d'ailleurs, d'une façon continue, dans les jus après leur stérilisation. Une pompe placée au rez-de-chaussée comprime cet air dans un réservoir après l'avoir forcé à traverser les appareils de stérilisation.

La stérilisation des jus est produite dans un appareil spécial, d'un type entièrement nouveau, formé d'une série de petits faisceaux tubulaires horizontaux, qui peuvent se démonter et se remonter très facilement, et dont le nettoyage est par conséquent des plus faciles. Les tubes de la partie inférieure constituent le réfrigérant et ceux de la partie supérieure l'échangeur de température, tandis que la stérilisation proprement dite est produite dans un cylindre vertical placé au premier étage. Le cylindre d'un plus gros diamètre placé à côté du précédent est un vase de stationnement, dans lequel les jus sont maintenus à la température de stérilisation pendant un temps déterminé, assez prolongé,

Une pompe à action directe aspire les jus sucrés et les refoule dans tout cet ensemble tubulaire en leur donnant une

Digitized by Google

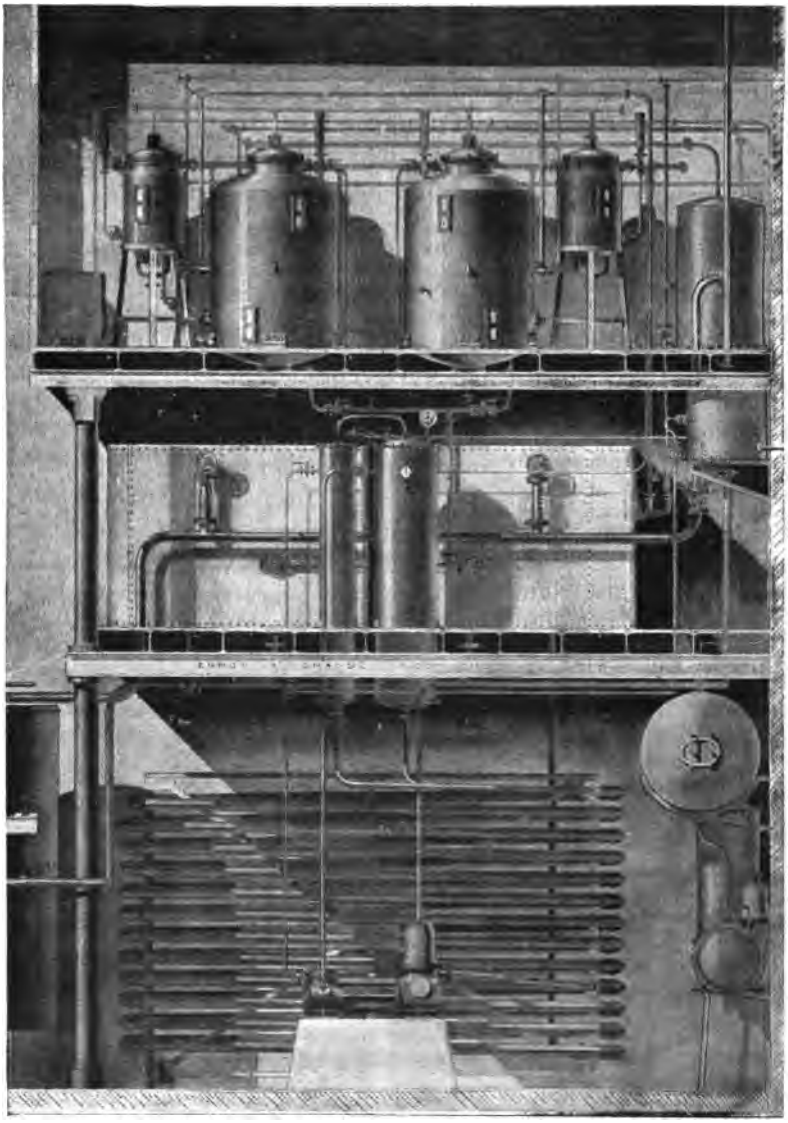


Fig. 74. — Fermentation aseptique.

Digitized by Google

vitesse telle que l'utilisation des surfaces est parfaite et que le rendement de cet appareil est considérable.

Les jus stérilisés refroidis sont réunis dans les réservoirs placés au premier étage, réservoirs dans lesquels viennent déboucher également les levains sortant des cuves aseptiques de l'étage supérieur. C'est de ces réservoirs que les jus ensemencés sont dirigés sur les cuves de fermentation.

5. Travail des betteraves par les levures acclimatées.

Système Effront.

La levure acclimatée au fluor fournit un excellent travail dans le moût de grain. Elle permet d'employer la dose d'antiseptique nécessaire pour protéger le moût des ferments étrangers sans empêcher l'accroissement des diastases. Avec ces levures on obtient un rendement qui se rapproche sensiblement du rendement théorique.

Appliquées au travail de la mélasse et des betteraves, ces levures n'ont pas donné, dans le début, les résultats auxquels on pouvait s'attendre. On constatait fréquemment un retard dans la fermentation, et quoique le moût se conservât très bien, le rendement laissait souvent à désirer. Les difficultés que l'on rencontrait dans la pratique ont fait un sujet spécial d'études et Effront est arrivé à la conclusion que la cause principal de non rendement réside dans la sensibilité des levures aux conditions du milieu. Ces levures acclimatées dans un moût de grain ne donnaient un travail normal que dans ce moût ; amenées dans un autre milieu, elles s'affaiblissaient, étant devenues très sensibles à la présence des sels minéraux.

Pour remédier à cet inconvénient, on a soumis les levures fluorées à une seconde acclimatation, en les cultivant dans des moûts de mélasse à densité croissante, allant de 5 à 14 Baumé. Au début ces levures marchaient très lentement, mais le pouvoir ferment augmentait au fur et à mesure qu'elles séjournaient dans le moût de mélasse. Cette seconde acclimatation marche parallèlement à l'augmentation du pouvoir sécrétorial des levures. La levure acclimatée à une dose maximum de fluor, conduite à la même dose pendant quelque temps, sécrète peu de sucrase, mais au fur et à mesure que la levure

Digitized by Google

s'acclimate au moût de mélasse, la quantité de sucrase augmente.

Par cette double acclimatation on est arrivé à obtenir des levures qui offrent de grands avantages pour le travail des betteraves et des mélasses. Dans le travail des mélasses, ces levures fermentent normalement dans un moût sans excès d'acide sulfurique; elles fermentent dans des moûts à très haute concentration. Le travail se fait de la façon suivante :

Le moût de mélasse de 12 Baumé est additionné de 1 gr. de fluorure d'ammonium, par litre; puis de levure acclimatée.

La fermentation se fait à la température de 30° et en présence d'une forte aération. Le moût, ainsi fermenté, est considéré comme levain. 9/10 sont mis dans la cuve à fermentation. Au dizième restant on ajoute 9 nouveaux dizièmes de moût pour faire le levain du jour suivant.

Le moût de mélasse reçoit une quantité d'antiseptique dix fois moindre que le levain. Chaque fermentation est liquidée en vingt-quatre heures, tandis que la formation du levain est un travail incessant.

De nombreuses usines parties avec un levain acclimaté, marchent depuis un an et plus, sans avoir dû renouveler leur levure, et sans qu'on constate la moindre augmentation d'acidité, ni dans la fermentation, ni dans le levain.

Ce procédé de la levure acclimatée pour travail de mélasse est employé actuellement dans presque toutes les usines de mélasse allemandes et belges et dans de nombreuses usines françaises. Les essais parallèles fait chez Lesaffre, à Quesnoy, avec la levure pure et la levure acclimatée, ont démontré la supériorité de ces dernières, de telle sorte que l'usine a adopté les levures acclimatées malgré l'installation coûteuse qu'elle avait faite pour le travail avec la levure pure.

Les mêmes principes existent pour le travail des betteraves. La seule différence réside dans la quantité moindre d'antiseptique, employé dans ce dernier travail, et dans ce qu'au lieu du travail par levain on fait le travail par le coupage des cuves, sans levain. Celui-ci n'est préparé que pour l'opération initiale, après on travaille à la manière habituelle.

Les avantages acquis par ce procédé, dans le travail des betteraves, sont considérables ; la fermentation nitreuse est

Digitized by Google

exclue absolument et sûrement et le travail peut se faire avec 50 p. 100 en moins d'acide sulfurique que le travail ordinaire.

Les rendements calculés en sucre sont supérieurs à ceux obtenus avec la levure pure.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

ANALYSE DES MOUTS FERMENTÉS

L'échantillon doit être prélevé avec soin et il est nécessaire de mélanger longtemps et à fond la cuve avant le prélèvement de l'échantillon. On filtre.

1. — Analyse qualitative.

EXAMEN MICROSCOPIQUE

Pour l'examen microscopique, on emploie, pour se rapprocher le plus possible de la réalité, un échantillon de moût non étendu, mais débarrassé des particules grossières. Par un filtrage plusieurs fois répété du moût la grande partie de la levure et des bactéries sont retenues. On obtiendrait donc des renseignements inexacts si l'on employait le liquide filtré pour la recherche des bactéries.

Pour examiner spécialement la levure, on emploie le moût étendu de 10 ou 20 fois son volume d'eau.

Pour les personnes qui sont familiarisées avec l'examen des infiniment petits et qui ont l'habitude du microscope, les recherches micrographiques seront d'un très grand secours pour suivre la marche de la fermentation; et bien souvent, lorsque des troubles se produisent dans la fermentation, on peut ainsi en découvrir la cause.

Il est impossible de fixer des règles générales à cet égard, bien que chaque défaut de fabrication trouve son expression dans l'image microscopique du moût fermenté; il n'est pas moins vrai que des causes semblables produisent parfois des effets différents. D'autre part, les mêmes phénomènes proviennent très souvent de causes bien différentes.

Nous donnons au chapitre de la fermentation la vue de cellules saines et de cellules malades. Nous compléterons donc ici par quelques considérations générales.

Dans les moûts fermentés, les cellules ne doivent plus être

Digitized by Google

en chapelets, mais en cellules séparées, bien développées. Les parois des cellules très épaisses dont le contenu est plus ou moins fortement contracté ou granulé, indiquent une mauvaise influence provenant, soit de températures élevées pendant la fermentation, soit d'une teneur élevée en alcool ou en acide. Les cellules saines qui n'ont pas été affectées par les influences que nous venons d'indiquer présentent encore la formation de vacuoles très nettes et un contour indiqué par une ligne faible. Les cellules qui s'écartent du type principal, rond ou ovale, ne sont pas à estimer.

Le dénombrement microscopique des cellules et la mesure de leur diamètre sont fréquents dans les distilleries.

Après avoir bien examiné les cellules de levure, il faut accorder une attention spéciale à la présence des ferments étrangers dans les moûts fermentés. Ces ferments sont soit à l'état sphérique ou de spores, soit sous forme de batonnets courts. Dans une bonne fermentation, ils doivent être isolés. D'autres fois, ils sont en nombre plus grand que les cellules de levure et provoquent rapidement leur destruction. Ces organismes étrangers, qui proviennent en grande partie de l'air, infectent les levains et les moûts. On s'en préserve en maintenant la propreté la plus minutieuse dans les moûts et en les stérilisant.

Le procédé employé pour compter les cellules est le suivant : On prélève 50 centimètres cubes d'un échantillon bien moyen qu'on introduit dans un ballon de 500 centimètres cubes et qu'on emplit jusqu'au trait. Les moûts très riches en levure sont étendus à 1.000 centimètres cubes. Après avoir bien mélangé on prélève rapidement une goutte avec un agitateur et on la place dans la chambre de mensuration qu'on recouvre aussitôt du couvre-objet; puis on compte le nombre de cellules renfermées dans douze carrés dans le même sens. On répète ce comptage en quatre ou cinq places. On opère ainsi sur trois ou quatre préparations et on prend la moyenne des quinze ou vingt comptages. L'unité de volume ne doit pas contenir plus de trois à cinq cellules. Le résultat est ramené à un litre de moût en tenant compte du volume de l'unité et de la dilution.

La méthode donne des résultats très concordants et permet de contrôler, d'après Maercker :

Digitized by Google

1° Dans quelle période de la fermentation les cellules se multiplient;

2° Quand cette multiplication est achevée;

3° Si l'on a une quantité suffisante de cellules;

4° S'il s'est formé une quantité suffisante de cellules pendant la fermentation;

5° Si des modifications apportées dans le travail ou dans le choix des matières premières entraînent une augmentation ou une diminution du nombre des cellules;

L'examen de l'odeur et de la saveur de la levure donne enfin des renseignements intéressants. Une levure de bonne qualité a une saveur franche, légèrement amère; elle ne doit pas présenter un arrière-goût acide. Une odeur piquante indique une levure impure.

La présence d'hydrogène sulfuré est décelée par l'acétate de plomb ; elle indique des phénomènes de putréfaction.

Dans l'examen microscopique on doit tenir compte de la forme et de la taille des cellules, de l'épaisseur de leurs membranes, de la constitution du contenu cellulaire, de la division des vacuoles, de la finesse du protoplasma, de la présence des gouttelettes de graisse. Au début de la fermentation, la levure bourgeonne fortement; le protoplasma est mousseux, ne contient pas de granulations, les vacuoles ne sont pas visibles.

La levure mûre se caractérise par des cellules isolées de, même dimension et de même forme bien développée. Le contenu des cellules est brillant et elles ne présentent généralement qu'une vacuole. On ne doit rencontrer que peu de cellules ratatinées, très granuleuses, bourgeonnantes et de cellules mortes.

Pour distinguer les cellules saines des cellules malades ou mortes, Lintner utilise le pouvoir absorbant de ces dernières pour les matières colorantes. Il recommande dans ce but le bleu d'aniline soluble, tandis que d'autres préconisent l'emploi de la solution neutre d'indigo. On opère de la manière suivante :

On fait passer un échantillon de levure à travers un tamis fin, puis on y ajoute une goutte de solution colorante et on laisse agir pendant quelques secondes. Ensuite, on étend avec

Digitized by Google

de l'eau légèrement sucrée, on mélange bien et on place une goutte sur le porte-objet en recouvrant avec la lamelle. Plus les cellules sont bleues ou violettes, plus la levure est mauvaise, car la levure de bonne qualité ne doit présenter au maximum que 3 à 4 0/0 de cellules colorées.

Il faut faire attention à la présence de ferments étrangers, tels que les bactéries butyrique et acétique.

Dénombrement microscopique de la levure. — Petersen a, le premier, employé la chambre d'Hayem pour compter les cellules de levure, puis Hayduck l'a fait entrer dans la pratique de la fabrication de l'alcool.

L'appareil qui sert au dénombrement de la levure se compose d'un porte-objet à cavité, sur lequel est posé à demeure un couvre-objet rond à faces bien parallèles, de $0^{mm},1$ à $0^{mm},2$ d'épaisseur. Un autre couvre-objet qui se trouve au milieu du précédent est divisé en un certain nombre de lignes fines en forme de grille. On facilite le comptage en doublant chaque trait tous les cinq, horizontalement et verticalement. Chaque carré a 25 μ de côté et représente une surface de $0^{mm^2},000625$. La hauteur de la chambre étant de $0^{mm},1$, le volume qui a ce carré pour base est un prisme dont le volume pris pour unité à $0^{mm^3},0000625$.

Avec un peu d'habitude de la micrographie, on obtient par l'examen microscopique un excellent criterium. Lorsque le ferment lactique est bien développé, on le trouve sous l'apparence de bâtonnets courts, grêles ; on pourra, sans les compter, se rendre compte s'il est plus ou moins répandu dans le moût et s'il est infesté par des organismes étrangers. Dans ce dernier cas, il faut en chercher la cause dans l'emploi de matières premières impures.

2. — Analyse quantitative.

A. — Densité.

Le degré de fermentation des moûts se détermine par le saccharomètre ou le densimètre en suivant les prescriptions que nous avons données à l'analyse des jus.

On détermine la fermentation apparente en filtrant le vin

Digitized by Google

dans un entonnoir fermé en évitant toutes les causes qui pourraient modifier la concentration. On se sert ensuite d'un saccharomètre ou d'un densimètre qu'on plonge dans le vin clair, après en avoir éliminé l'acide carbonique par l'agitation.

Cette détermination de la fermentation apparente, ne permet aucune conclusion directe sur la quantité des hydrates de carbone qui se trouvent encore infermentés dans le vin. Cependant, elle donne au distillateur des indications pour des essais comparatifs et présente un moyen de contrôle indispensable pour le travail.

Le saccharomètre ne donne, par conséquent, aucune mesure exacte de la teneur du vin en matières fermentescibles, parce que :

1° Le moût contient du non-sucre qui agit sur la densité;

2° L'alcool formé pendant la fermentation et d'autres produits secondaires, tel que les acides succinique, butyrique, lactique, la glycérine influent sur la densité;

3° L'alcool formé abaisse la densité et le vin renferme de l'acide carbonique.

Degré de fermentation réelle. — On peut supprimer l'influence de l'alcool sur l'indication saccharométrique en évaporant le vin filtré jusqu'à ce que tout l'alcool soit expulsé, puis ramenant au volume primitif après refroidissement, On prend ensuite le degré saccharométrique ou bien on calcule le degré réel par le degré apparent et la teneur en alcool du moût.

Exemple : Soit S — la densité du moût supposé privé d'alcool.
S. — — — alcoolique.
s — — d'un mélange d'alcool.
et de la force alcoolique du moût.

On a l'équation suivante :

$$S = S. + (1 - s).$$

Exemple : Supposons que la fermentation d'un moût soit de 2,0 Bg. (D=1.008) =S.; que le moût filtré contienne 10° G. L. d'alcol; s=0.9862. On a d'après cela S = 1.008 + (1,000 — 0,9862) = 1.0218 = 5°,15 Bg.

Cette formule a servi à calculer la table suivante qu'on emploie pour le calcul de la fermentation réelle, d'après la fermentation apparente observée pour les diverses forces alcooliques du moût fermenté et filtré.

Digitized by Google

Table pour le calcul de la fermentation réelle des vins fermentés, d'après la fermentation apparente observée pour diverses forces alcooliques du moût filtré.

Fermentation apparente	Fermentation réelle pour une force alcoolique du moût de :							
	7	8	9	10	11	12	13	14
	Centièmes de degré Gay-Lussac							
0.4	2.85	3.15	3.45	3.75	4.05	4.33	4.60	4.88
6	3.05	3.35	3.65	3.95	4.25	4.53	4.80	5.08
8	3.25	3.55	3.85	4.15	4.45	4.73	5.00	5.28
1.0	3.45	3.75	4.05	4.35	4.65	4.93	5.20	5.48
2	3.65	3.95	4.25	4.55	4.85	5.13	5.40	5.68
4	3.85	4.15	4.45	4.75	5.05	5.33	5.60	5.88
6	4.05	4.35	4.65	4.95	5.25	5.53	5.80	6.07
8	4.25	4.55	4.85	5.15	5.45	5.73	6.00	6.27
2.0	4.45	4.75	5.05	5.35	5.65	5.93	6.20	6.46
2	4.65	4.95	5.25	5.55	5.85	6.12	6.39	6.66
4	4.85	5.15	5.45	5.75	6.05	6.32	6.58	6.85
6	5.05	5.35	5.65	5.95	6.24	6.51	6.78	7.05
8	5.25	5.55	5.85	6.15	6.44	6.71	6.98	7.24
3.0	5.45	5.75	6.05	6.34	6.63	6.90	7.17	7.44
2	5.65	5.85	6.24	6.54	6.83	7.10	7.37	7.63
4	5.85	6.15	6.44	6.73	7.02	7.30	7.56	7.83
6	6.05	6.34	6.63	6.93	7.22	7.49	7.76	8.02
8	6.24	6.54	6.83	7.12	7.41	7.68	7.95	8.22
4.0	6.44	6.73	7.02	7.32	7.61	7.88	8.15	8.41
2	6.63	6.93	7.22	7.51	7.80	8.07	8.34	8.61
4	6.83	7.12	7.41	7.71	8.00	8.27	8.54	8.80
6	7.02	7.32	7.61	7.90	8.20	8.46	8.73	9.00
8	7.22	7.51	7.80	8.10	8.40	8.66	8.93	9.20
5.0	7.41	7.70	8.00	8.30	8.58	8.85	9.12	9.39

B. — Acidité.

20 centimètres cubes de moût filtré sont titrés avec la liqueur normale de soude en touchant avec le papier de tournesol. Cette liqueur correspond à 49 grammes SO^4H^2. par litre et chaque centimètre cube = 0 gr. 049 SO^4H^2.

Pour avoir l'acidité par litre, il suffit de multiplier par 50 le résultat trouvé sur 20 centimètres cubes, ou bien de considérer chaque centimètre cube de liqueur normale de soude comme s'il correspondait à $50 \times 0{,}049 = 2$gr.,45 SO^4H^2 par litre.

Il est préférable de doser l'acidité en prenant une liqueur non normale et contenant une quantité de soude correspondant à 2 grammes SO^4H^2 par litre en opérant sur 20 centimètres cubes. Si, par exemple, 20 centimètres cubes de moût exigent 22cm·,2 de liqueur soude, chaque litre contiendra

Digitized by Google

2 gr.22 d'acidité. La quantité de soude hydratée correspondant à 2 grammes SO^4H^2 est donnée par la proportion :

$$\frac{Na\,OH}{SO^4H^2} = \frac{31}{49} = \frac{2}{x}$$

c'est-à-dire 1 gr.,2653 NaOH au lieu de 31 grammes par litre pour la soude normale.

En faisant la différence de l'acidité avant et après la fermentation, on a l'acidité produite pendant le travail. C'est le criterium de l'opération. Cette différence est aussi évaluée en acide sulfurique.

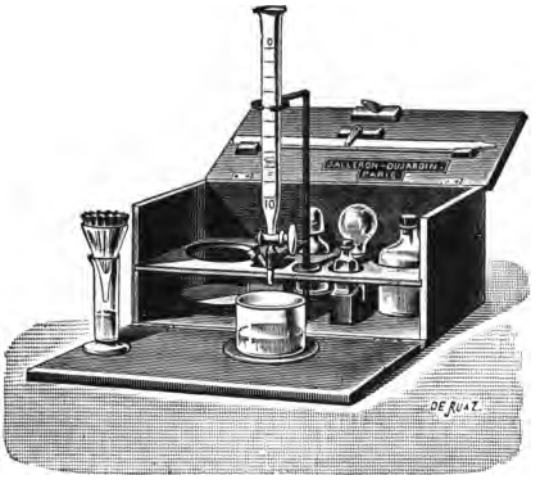


Fig. 75. — Acidimètre Dujardin.

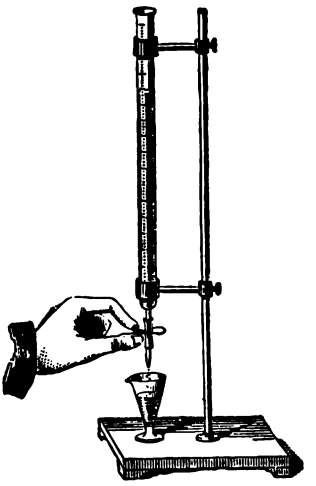


Fig. 76. — Burette Gallois et fils

Dans quelques pays, on évalue l'acidité en acide lactique. Dans ce cas, 1 centimètre cube de soude normale=0 gr.,09 d'acide lactique,

Dans une fermentation normale, l'augmentation de l'acidité est surtout due à l'acide lactique et un peu à l'acide succinique. Ces deux acides ne sont pas volatils.

A côté de ces acides, il peut aussi se former des acides volatils, tels que les acides acétique, propionique et butyrique. Pour les doser on fait bouillir vivement 100 centimètres cubes de moût qu'on vaporise jusqu'à réduction aux deux tiers, puis

Digitized by Google

on titre du nouveau. La différence du titrage entre l'échantillon bouilli et celui non bouilli donne l'acidité volatile.

La présence de ces acides est un indice d'une fermentation défectueuse. Ce dosage n'est pas très exact, car il est impossible de séparer complètement les acides par simple ébullition; la distillation fractionnée seule donne des résultats satisfaisants.

Dosage des acides volatils. — On dose les acides volatils nuisibles qui se sont formés à la faveur d'une haute température en prenant 100 cm³ de moût filtré, dont on connaît déjà l'acidité totale, et en faisant évaporer jusqu'à un quart du volume primitif dans un ballon ouvert et en remplaçant l'eau évaporée, en complétant le résidu à 100 cm³ et titrant de nouveau le liquide. La perte d'acidité indique la teneur en acides volatils.

Exemple. — Un moût contient a SO^4H^2 par litre. Après évaporation répétée il ne contient plus que b. Le moût contenait donc $a - b$ d'acides volatils par litre.

Lorsqu'on veut opérer plus exactement, il est préférable de distiller 100 cm³ de moût filtré qu'on a étendus avec le même volume d'eau et en recueillant le produit distillé. Comme une seule distillation ne suffit pas pour chasser tout l'acide volatil, on interrompt la distillation pendant quelque temps, on laisse refroidir l'appareil et on ajoute de nouvelle eau dans le ballon, puis on recommence la distillation et on la continue tant que le produit obtenu accuse une réaction acide. On rassemble tous les liquides distillés et on titre l'acidité. Cette méthode n'est pas encore d'une exactitude rigoureuse

C. — Teneur en matières azotées.

Comme le montrent les recherches de Hayduck, la quantité de matières azotées solubles contenue dans le moût exerce une grande influence sur l'accroissement de la levure et son pouvoir ferment; il sera donc utile de contrôler fréquemment la teneur en azote.

Hayduck a trouvé qu'une partie seulement de l'azote soluble est assimilée par la levure, et Lintner a observé qu'elle absorbe

Digitized by Google

plus facilement l'azote amidé que l'azote des peptones ; enfin que l'azote des matières albuminoïdes n'est nullement assimilable.

Pour se faire une idée de l'échange des matières azotées, il faut :

1° Doser l'azote total dans le moût filtré avant la fermentation ;

2° Doser l'azote dans le moût filtré après la fermentation.

Dans les recherches scientifiques, on dose encore l'azote sous ses diverses formes dans la levure.

D. — Sucre.

Nous n'avons rien de particulier à signaler pour la détermination du glucose ou des réducteurs restants. On doit considérer les moûts produits comme des liquides faibles mais on doit toujours exécuter le dosage du réducteur sur le produit déféqué par le sous-acétate de plomb.

Quelquefois il arrive que la quantité de plomb à ajouter est considérable et que le réducteur étant en faible proportion, l'excès de plomb nuit au dosage par la liqueur cuivrique.

Dans ce cas comme à l'occasion pour des produits dont il a été déja question exigeant beaucoup de sous-acétate de plomb, on élimine l'excès de plomb, au moyen de carbonate de soude.

Par conséquent, on prend les vins ou les vinasses plus ou moins étendus, 1, 2, 3 ou 4 fois et on y ajoute le plomb voulu.

On agite et on filtre, puis on prend 100 cm^3 de la liqueur filtrée et on y ajoute 10 cm^3 d'une solution de carbonate de soude saturée. On agite, on filtre. Sur la liqueur filtrée on dose le réducteur restant, au moyen de 1, 2 ou 5 cm^3 de liqueur Violette.

2. De l'atténuation.

Des analyses très complètes des moûts avant et après la fermentation ont fourni à Balling des résultats qui font ressortir l'importance qu'il y a de se servir des indications aréométriques en distillerie, pour se rendre compte de la marche de

Digitized by Google

la fermentation. Balling a établi tout un système d'étude des phénomènes de la fermentation, appelé étude de l'atténuation, qui est considérée encore actuellement comme un modèle à suivre.

Nous étudierons dans ce qui suit quelques-unes des données principales de Balling qui montreront comment on peut, à l'aide de quelques observations fondamentales, déduire de nombreux calculs pratiques.

Toutes ces observations ont trait uniquement aux changements que subit la densité des liquides en fermentation, par suite de la disparition du sucre et de la formation de l'alcool, d'une densité plus faible. Ces modifications de la densité sont donc dues à deux causes. On les observe au moyen d'aréomètres exacts et qui doivent donner les dixièmes de degré Balling. Les observations se font à la température normale. Les moûts qui renferment des matières solides en suspension doivent être préalablement clarifiés et filtrés ; à cet effet on emploie l'appareil à filtrer de Delbrück. La limpidité complète est indispensable quand il s'agit de liquides fermentés complètement ou partiellement ; il faut, en outre, éliminer l'acide carbonique dissous. On y parvient en emplissant une fiole à moitié avec le moût, qu'on bouche et qu'on agite plusieurs fois en ouvrant chaque fois le bouchon. L'acide carbonique se dégage ; mais il ne faut pas trop prolonger l'agitation si l'on veut éviter une perte en alcool, ce qui influerait sur le résultat.

Le moût clair, non fermenté, se compose d'eau, de sucre et de substances dissoutes, non fermentescibles.

Si l'on désigne par p le degré saccharométrique de ce moût, z celui du sucre seul, x celui des matières étrangères seules, on a évidemment :

$$p = z + x$$

La fermentation détruit le sucre et laisse inchangées les matières étrangères. Si le sucre seul disparaissait, on aurait à sa place un liquide de la densité de l'eau et on pourrait exprimer ainsi la teneur initiale en sucre par :

$$z = p - x.$$

Mais tel n'est pas le cas ; l'alcool formé diminue la densité du liquide dans lequel il se trouve, et la solution fermentée a une

Digitized by Google

densité plus faible que si le sucre en avait été simplement éliminé. L'équation précédente ne serait exacte que si on enlevait par l'ébullition l'alcool formé et si on ramenait au volume primitif par une addition d'eau.

A mesure que la fermentation se poursuit, la densité du liquide diminue par suite de la disparition du sucre et de l'augmentation de l'alcool, jusqu'à ce qu'enfin le sucre ayant complètement disparu, la fermentation prenne fin, soit pour cette cause, soit pour une autre.

Soit m le degré saccharométrique d'un liquide dont l'acide carbonique a été expulsé, comme on l'a indiqué plus haut ; la différence entre les degrés avant et après fermentation est $p - m$. C'est l'*atténuation apparente*; sa valeur est fonction du sucre disparu et de la diminution du degré saccharométrique par suite de la formation de l'alcool dont la densité est plus faible.

L'atténuation apparente est nécessairement en rapport avec la quantité de sucre fermenté et l'observation de cette atténuation apparente constitue le moyen le plus simple de surveiller la marche de la fermentation.

Il est évident, en outre, qu'il doit exister un facteur qui, multiplié par l'atténuation apparente exprimée en degrés saccharométriques, donnera la teneur en alcool pour 100 en poids du liquide fermenté. Désignons cette teneur par A et le facteur par a, on a :

$$A = a\,(p - m)$$

Pour fixer une fois pour toutes la valeur de a, on détermine par l'expérience directe la teneur en alcool pour les valeurs données de p à m et on obtient ensuite a par l'équation :

$$a = \frac{A}{p - m}.$$

On désigne par a l'expression de *coefficient alcoolique pour l'atténuation apparente.*

Sa valeur n'est pas constante, mais elle dépend :

1° Du sucre mis en fermentation;

2° De la concentration primitive du moût clair ou de la valeur de p. Pour les nombres entre $p = 5$ et $p = 30$ le coefficient

Digitized by Google

alcoolique a varie entre 0,4294 et 0,4810. Dans les tables suivantes, les coefficients sont indiqués pour les diverses concentrations ;

3° Du degré de fermentation ; il est constant seulement à la fin de la fermentation.

Lorsqu'on connaît ce coefficient alcoolique, on peut calculer d'avance la quantité d'alcool d'un moût fermenté.

Lorsqu'on connaît l'atténuation apparente, on peut facilement la comparer avec le degré saccharométrique initial et trouver quelle fraction de ce dernier a disparu, Ce rapport de $\frac{p}{p-m}$ dans lequel on prend p comme unité est appelé le *degré apparent de fermentation* ; on le désigne par V, et on le calcule, d'après ce qui précède, par l'équation

$$\frac{p}{p-m}=\frac{1}{V},$$

de laquelle on déduit

$$V=\frac{p-m}{p}.$$

Si, par exemple, le degré saccharométrique initial est $p=24$ et celui du moût fermenté $m=2$, on a

$$V=\frac{24-2}{24}=0{,}917.$$

Ce degré apparent de fermentation exprime que, pour 1 p. 100 de la concentration initiale, 0,917 ont disparu par la fermentation, ou que pour chaque degré de la concentration primitive il ne reste que 0,083.

Si V est donné et si m est connu, on trouve facilement p ; ou si p est connu on trouve m. Par exemple, pour $V=0{,}917$ et $m=2$ on a pour la valeur donnée plus haut de V :

$$0{,}917=\frac{p-2}{p},$$

d'où

$$\begin{aligned} 0{,}917\,p &= p-2 \\ p-0{,}917\,p &= 2 \\ p\,(1-0{,}917) &= 2 \\ 0{,}083\,p &= 2 \\ p &= \frac{2}{0{,}083}=24. \end{aligned}$$

Digitized by Google

On trouve de même par V et p la valeur de $m = 2$.

Comme on a pu calculer par le degré apparent de fermentation l'atténuation apparente et par celle-ci (le coefficient alcoolique a étant connu) la richesse alcoolique du liquide, on peut aussi calculer celui-ci si l'on connaît le degré apparent de fermentation n et un des nombres p ou m.

Si l'on élimine l'alcool d'un liquide et si par conséquent l'on supprime son influence sur la densité, on trouve l'*atténuation réelle*. On l'obtient en soumettant le liquide à l'ébullition ménagée, l'évaporant aux deux tiers et reconstituant ensuite exactement le poids primitif par une addition d'eau. On ramène ensuite à la température normale et on y plonge le saccharomètre; on obtient ainsi n p. 100 et l'atténuation réelle est

$$p - n$$

De même que l'atténuation apparente, l'atténuation réelle est naturellement en rapport déterminé avec la quantité de sucre détruite par la fermentation et avec la quantité d'alcool formé.

De même que pour l'atténuation apparente, il doit exister pour l'atténuation réelle un coefficient alcoolique qui, multiplié par elle, donnera la teneur en alcool du liquide fermenté. Si l'on désigné par b ce coefficient alcoolique pour l'atténuation réelle, le moût fermenté contiendra :

$$A = b\,(p - n),$$

On trouve b indirectement par le calcul, et directement par la distillation, qui donne la valeur de A par l'expérience et b par la formule

$$b = \frac{A}{p - n}.$$

Les valeurs de b données dans les tables suivantes ont été calculées par Balling et reposent sur des résultats d'expériences; elles concordent très bien avec la teneur en alcool du produit distillé. Nous n'y insisterons donc pas davantage.

On emploie l'atténuation réelle pour des calculs analogues à ceux de l'atténuation apparente; on en déduit d'abord le degré réel de fermentation ou le rapport entre le degré sac-

Digitized by Google

charométrique initial et l'atténuation réelle, et on calcule comme ci-dessus le degré réelle de fermentation.

$$V' = \frac{p-n}{p}.$$

Ce degré indique quelle partie du degré saccharométrique a *réellement* disparu par suite de la fermentation. Si p et n sont connus, on déduit facilement V et réciproquement.

Soit, par exemple, $V' = 0{,}875$ et $n = 1$; on en déduit pour p la valeur 8, d'après l'équation

$$0{,}875 = \frac{p-1}{p},$$

d'où

$$\begin{aligned} 0{,}875\,p &= p - 1 \\ 1 &= p - 0{,}875\,p \\ p &= 8. \end{aligned}$$

Il peut arriver, par exemple, que deux moûts aient le même degré de fermentation et une valeur différente pour n. On voit alors que p est différent dans les deux cas. Si n n'égale pas 1, mais 3, on obtiendra

$$0{,}875 = \frac{p-3}{p},$$

d'où

$$\begin{aligned} 0{,}875p &= p - 3 \\ 3 &= p - 0{,}875\,p, \\ p &= 24. \end{aligned}$$

En pratique la détermination du degré réel de fermentation est importante, parce qu'elle permet de connaître la fraction de l'extrait du moût qui a été réellement transformée en alcool. Si, par exemple, $V' = 0{,}875$, il s'ensuit que 0,875 ou 87,5 p. 100 de l'extrait ont fermenté et ont produit de l'alcool. Si l'on fait des expériences comparatives avec des moûts différents ou préparés avec des matières différentes, on trouve une différence entre ces divers moûts ou ces préparations de moûts, exprimées directement en alcool produit.

L'atténuation apparente $p - m$ est toujours plus grande que l'atténuation réelle $p - n$.

Digitized by Google

La différence entre les deux

$$(p-m)-(p-n)=n-m,$$

est la *différence d'atténuation* exprimée en degrés saccharométriques. Si, par exemple, $p=12$, $m=1$ et $n=3$, l'atténuation apparente est $p-m=11$, l'atténuation réelle $p-n=q$ et la différence d'atténuation $11-9=2$. Ce nombre s'obtient immédiatement de $n-m=?$. Les deux nombres n et m sont de nature différente : n indique l'extrait p. 100 réellement transformé en alcool, tandis que m représente également la quantité p. 100, mais modifiée par la présence de l'alcool qui diminue la densité. On voit donc que cette différence d'atténuation doit augmenter avec la continuation de la fermentation, c'est-à-dire avec l'enrichissement du moût en alcool et que, par conséquent, ces nombres sont en relation directe avec la teneur du moût en alcool. Il en résulte, en outre, qu'il doit exister également pour la différence d'atténuation un coefficient alcoolique qui, multiplié par la différence d'atténuation, donne la teneur en alcool A du moût fermenté. Soit c ce coefficient, on a

$$A=c\,(n-m).$$

Ce coefficient peut aussi être obtenu directement. On obtient A, n, m et c par la formule

$$c=\frac{A}{n-m}.$$

Balling désigne le nombre c par le nom de *coefficient alcoolique pour la différence d'atténuation*. Ce nombre est un peu différent suivant le degré saccharométrique initial du liquide mis en fermentation, mais il est fixe pour un même liquide fermenté et pour chaque degré de fermentation. On trouve sa valeur dans les tableaux suivants.

Si l'on divise l'atténuation apparente par l'atténuation réelle on obtient :

$$q=\frac{p-m}{p-n}$$

que Balling nomme le *quotient d'atténuation*. Ce quotient varie avec les diverses concentrations du moût; il est plus élevé

Digitized by Google

pour les fortes densités et plus bas avec les faibles densités; mais il est assez constant pour une même solution sucrée lorsque la fermentation est assez avancée et que la différence d'atténuation est voisine de 1 ou dépasse ce nombre.

Comme le quotient d'atténuation exprime le rapport entre l'atténuation réelle et l'atténuation apparente; il en résulte qu'il croît avec la première.

Ce quotient sert à comparer les deux atténuations réelle et apparente et se trouve également dans les tables suivantes. On l'emploie pour la plupart des déterminations saccharométriques et spécialement pour trouver :

1° La valeur des coefficients alcooliques pour l'atténuation apparente. On l'obtient par la formule connue

$$a = \frac{b}{q},$$

c'est-à-dire qu'on obtient ce facteur en divisant le coefficient pour l'atténuation réelle par le quotient d'atténuation correspondant;

2° Le coefficient alcoolique c pour la différence d'atténuation. Les formules donnent

$$c = \frac{b}{q - 1}$$

3° Le rapport entre les degrés de fermentation apparent et réel

$$V' = \frac{V}{q},$$

c'est-à-dire qu'on obtient le degré réel de fermentation en divisant le degré de fermentation apparent par le quotient d'atténuation qui est ramené à la valeur primitive de q;

4° Le degré saccharométrique initial des moûts avant fermentation au moyen de toutes les autres données.

Toutes ces valeurs sont contenues dans la table suivante de Balling.

Les nombres sont pour les moûts préparés avec une solution sucrée assez pure et qui ne produisent pas sensiblement de

Digitized by Google

levure pendant la fermentation. C'est le cas des moûts de mélasse et de betteraves.

Le plus généralement les calculs saccharométriques sont faits au moyen de ces nombres, pour obtenir la teneur en alcool d'un moût : Quelques exemples en montreront l'emploi.

La teneur A est obtenue quand on connaît p et m ou p et n ou n et m.

Table d'atténuation pour les liquides et les moûts qui ne forment pas de levure nouvelle et pour les concentrations de 5 à 30°. Balling.

DEGRÉ saccharométrique initial du moût	COEFFICIENT ALCOOLIQUE pour l'atténuation			COEFFICIENT d'atténuation	VALEUR pour $\frac{c}{b}$
	apparente	réelle	Différence d'atténuation		
p	a	b	c	q	
5	0,4294	0,5239	2,3813	1,220	4,545
6	0,4312	0,5265	2,3823	1,221	4,524
7	0,4330	0,5292	2,3837	1,222	4,504
8	0,4348	0,5319	2,3852	1,223	4,484
9	0,4367	0,5346	2,3866	1,224	4,464
10	0,4386	0,5373	2,3880	1,225	4,444
11	0,4405	0,5401	2,3898	1,226	4,424
12	0,4424	0,5429	2,3916	1,227	4,404
13	0,4444	0,5457	2,3934	1,228	4,385
14	0,4464	0,5486	2,3956	1,229	4,366
15	0,4484	0,5515	2,3978	1,230	4,347
16	0,4504	0,5545	2,4004	1,231	4,328
17	0,4524	0,5575	2,4030	1,232	4,310
18	0,4545	0,5605	2,4055	1,233	4,291
19	0,4566	0,5635	2,4081	1,234	4,273
20	0,4587	0,5665	2,4106	1,235	4,255
21	0,4608	0,5696	2,4135	1,236	4,237
22	0,4630	0,5727	2,4164	1,237	4,219
23	0,4652	0,5758	2,4193	1,238	4,201
24	0,4674	0,5790	2,4225	1,239	4,183
25	0,4696	0,5823	2,4262	1,240	4,166
26	0,4718	0,5856	2,4298	1,241	4,149
27	0,4741	0,5889	2,4334	1,242	4,132
28	0,4764	0,5922	2,4370	1,243	4,115
29	0,4787	0,5955	2,4406	1,244	4,098
30	0,4810	0,5989	2,4444	1,245	4,081

Exemple 1. — Soient $p = 16{,}2$ et $m = 1$ les degrés saccharométriques avant et après fermentation. On emploie la formule

$$A = (p - m)\, a$$

la valeur a se trouve dans la table précédente, est i, par

Digitized by Google

exemple, le moût donne lieu à une production de levure, on trouve pour a la valeur 0,4267, soit pour A

$$15{,}2 \times 0{,}4267 = 6{,}48584;$$

c'est-à-dire que 100 kilogrammes de moût contiennent (et par conséquent doivent donner) 6 kg., 48 d'alcool absolu. Comme les nombres p et m sont déterminés pour le moût clair, la richesse alcoolique s'applique aux moûts ne contenant pas de drèche et doit subir une correction lorsque le moût renferme de la drèche.

Exemple 2. — On connaît p et n, c'est-à-dire les degrés saccharométriques du moût initial et du moût après fermentation, privé d'alcool par distillation et ramené au volume primitif. Soit $n = 3{,}9$. La formule $A = b\,(p - n)$, et la valeur de $b = 0{,}5274$ donnent pour A.

$$A = 12{,}3 \times 0{,}5274 = 6{,}487$$

Méthode simplifiée de détermination du rendement par l'atténuation. — Les calculs présentés plus haut ne peuvent être d'un emploi général en pratique par suite des diverses corrections et de l'attention avec laquelle ils doivent être exécutés; cela résulte de leur généralité et de ce fait qu'ils ont été établis pour la solution de plusieurs problèmes. Ils sont plus simples si l'on ne cherche que la détermination du rendement probable, par exemple, d'un moût donné pour lequel les degrés Balling avant et après fermentation sont connus.

Pour ce cas spécial on peut se servir de la table suivante, calculée par Habich et qui permet de trouver immédiatement le nombre cherché. Cette table a une étendue suffisante pour la pratique et sert pour les moûts que l'on trouve ordinairement en distillerie.

On a déjà dit que les moûts, avant d'être pesés par le saccharomètre, doivent être filtrés à travers une toile. On rejette la première portion filtrée, on débarrasse le liquide de l'acide carbonique par le procédé décrit plus haut et on ramène exactement à la température normale de l'instrument. Lorsqu'on a trouvé les deux indications d'où découle l'atténuation apparente, on cherche dans la table correspondant à la nature du moût le chiffre qui correspond à ces deux nom-

Digitized by Google

bres, et on obtient ainsi le nombre de litres d'alcool pur contenus dans 100 litres de moût fermenté et qu'on doit en obtenir. Il n'est pas nécessaire de faire une correction pour la drèche et la levure, car les nombres la contiennent toute faite. Si l'on divise les nombres de la table par le degré du produit à obtenir dans chaque cas particulier, on a la proportion que l'on peut fabriquer de ce dernier en supposant qu'il n'y ait aucune perte.

Quelques exemples montreront l'emploi de la table.

Soit un moût représentant un volume de 2.500 litres et provenant de betteraves, sans drèche. Le degré Balling initial est 12 et après fermentation complète il est de 3. L'atténuation apparente est donc 9. La table donne la teneur en alcool dans 100 litres de moût, soit 4l,797. Le produit distillé peut donc donner $\frac{2.500 \times 4,797}{100} = 119^{l},925$ d'alcool absolu, de sorte que le rendement par litre de moût est de 0l,048 d'alcool. En admettant 100/0 de vide dans la cuve, le volume total ne donnera plus que 0l,0436 0/0.

Bien que les déterminations par la méthode de l'atténuation soient des plus intéressantes et que les résultats qu'on en obtient soient aussi exacts que ceux que d'autres moyens permettent d'obteuir, il faut cependant reconnaître qu'en pratique on l'applique peu pour l'analyse journalière. La difficulté de prendre le degré Balling des liquides en fermentation est un des principaux obstacles à l'emploi fréquent de la méthode et nous considérons comme préférable de doser l'alcool directement dans les moûts et les vins. Ce dernier procédé a d'ailleurs l'avantage de s'appliquer à tous les liquides alcooliques.

Pour la détermination directe on peut se servir des méthodes décrites au chapitre de l'alcoométrie et les utiliser pour le contrôle journalier des distilleries.

De la connaissance de l'atténuation on peut déduire des conclusions sur la marche de la fermentation et se rendre compte du rendement en alcool; mais il ne faut pas oublier que ces conclusions ne peuvent être absolument conformes à la réalité, car, comme on l'a vu, en outre de la fermentation principale, il existe des fermentations secondaires qui se font aux dépens du sucre et aux dépens de l'alcool. Cependant, c'est un moyen de contrôle suffisamment exact.

Digitized by Google

Table pour le calcul des rendements en alcool des moûts clairs qui donnent de nouvelle levure (jus de betteraves ou moûts clairs) suivant l'atténuation observée.

DEGRÉ saccharométrique initial du moût	ATTÉNUATION APPARENTE EN DEGRÉS SACCHAROMÉTRIQUES															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Alcool en litres dans 100 litres de moût fermenté															
8	2,6166	3,1100	3,6033	4,1866												
9	2,6287	3,1544	3,6802	4,2060	4,7317											
10	2,6404	3,1685	3,6966	4,2247	4,7528	5,2809										
11	2,6527	3,1833	3,7138	4,2444	4,7749	5,3054	5,8360									
12	2,6650	3,1980	3,7310	4,2640	4,7970	5,3300	5,8630	6,3960								
13	2,6776	3,2131	3,7486	4,2842	4,8197	5,3552	5,8907	6,4262	6,9617							
14	2,6902	3,2282	3,7663	4,3043	4,8423	5,3804	5,9184	6,4565	6,9945	7,5325						
15	2,7031	3,2437	3,7843	4,3250	4,8656	5,4062	5,9468	6,4874	7,0281	7,5687	8,1093					
16		3,2594	3,8026	4,3459	4,8891	5,4323	5,9756	6,5188	7,0620	7,6053	8,1485	8,6917				
17			3,8213	4,3672	4,9131	5,4590	6,0049	6,5508	7,0967	7,6426	8,1885	8,7344	9,2883			
18				4,4044	4,9550	5,5056	6,0561	6,6067	7,1572	7,7078	8,2583	8,8089	9,3595	9,9120		
19					4,9794	5,5326	6,0859	6,6392	7,1924	7,7457	8,2990	8,8522	9,4055	9,9688	10,5120	
20						5,5600	6,1160	6,6720	7,2281	7,7841	8,3401	8,8961	9,4521	10 0060	10,5641	11,1201

Digitized by Google

Table de correspondance des poids spécifiques dans le vide avec les richesses alcooliques, les richesses pondérales et le poids du litre à 15°.

Richesse en volume	Poids spécifique à 15°	Richesse pondérale	Poids du litre dans l'air à 15°	Richesse en volume	Poids spécifique à 15°	Richesse pondérale	Poids du litre dans l'air à 15°
0	0.99916	0	998.08	51	0.93103	43.45	931.03
1	0.99760	0.80	996.58	52	0.92963	44.39	929.03
2	0.99611	1.59	995.08	53	0 92759	45 35	927.03
3	0.99469	2.39	993.68	54	0.92552	46 31	925 03
4	0.99329	3.20	992.28	55	0.92342	47 27	922.93
5	0.99194	4.00	990.98	56	0.92131	48.24	920.83
6	0.99062	4.81	989.69	57	0.91920	49.20	918.73
7	0.98933	5.62	988 39	58	0.91707	50.19	916.64
8	0.98808	6.43	987.19	59	0.91492	51.18	914.43
9	0.98687	7.24	985 89	60	0.91274	52.17	912 24
10	0.98569	8 05	984.79	61	0.91053	53.17	910.04
11	0.98454	8.87	983.59	62	0.90831	54 17	907.74
12	0.98341	9.68	982.49	63	0.90606	55.18	905.44
13	0.98231	10.50	981.39	64	0 90378	56.20	903.15
14	0.98123	11.32	980 29	65	0.90148	57.23	900.85
15	0.98018	12.15	979.29	66	0.89915	58 26	898.55
16	0.97913	12.97	978 29	67	0.89680	59.30	896.15
17	0.97810	13.79	977.29	68	0.89441	60.34	893.75
18	0.97708	14 62	976.29	69	0.89199	61 39	891.35
19	0.97606	15.45	975.40	70	0.88954	62.45	888.85
20	0.97505	16.28	974.40	71	0 88706	63.52	886.36
21	0.97405	17.11	973.40	72	0 88457	64.60	883.86
22	0.97305	17.94	972.30	73	0.88204	65.68	881.26
23	0.97204	18.78	971.30	74	0.87948	66.78	878.66
24	0.97103	19.62	970.20	75	0.87689	67.88	876.66
25	0.97002	20.45	969.20	76	0.87426	68.99	873.47
26	0.96899	21.30	968.10	77	0.87161	70.11	870 77
27	0.96795	22.14	967.10	78	0.86892	71 24	868.07
28	0.96688	22.98	966.00	79	0 86619	72.38	865.37
29	0.96578	23.83	964.90	80	0.86343	73.54	862.67
30	0.96464	24.68	963.80	81	0.86065	74 69	859 88
31	0 96347	25.54	962.60	82	0.85782	75.87	857.08
32	0.96226	26.39	961.40	83	0.85495	77.05	854 18
33	0.96102	27.25	960.21	84	0.85203	78.24	851.28
34	0 95974	28.12	958.91	85	0.84908	79.45	848.38
35	0.95842	28.98	457.51	86	0.84605	80.67	845.39
36	0.95705	29.85	956.21	87	0.84301	81.91	842.39
37	0.95565	30.73	954.81	88	0.83989	83.16	839.29
38	0.95419	31.61	953.41	89	0.83671	84.42	836.09
39	0.95270	32.49	951.91	90	0.83345	85.70	832.79
40	0.95116	33.38	950 41	91	0.83011	87.00	829.40
41	0 94956	34.27	948.81	92	0.82668	88.32	826.00
42	0.94792	35.16	947.21	93	0.82316	89.67	822.40
43	0.94625	36.07	945.52	94	0.81951	91.03	818.80
44	0.94456	36.97	943.82	95	0 81572	92.43	815.01
45	0.94282	37.88	942.12	96	0.81177	93 86	911.01
46	0.94104	38.80	940.32	97	0.80761	95 32	806.81
47	0.93923	39.72	938.52	98	0.80322	96.83	802.42
48	0.93738	40.64	936.72	99	0.79859	98.39	797.82
49	0.93550	41.57	934.82	100	0.79366	100 »	792.92
50	0.93358	42.51	932.92				

Digitized by Google

CHAPITRE VII

DISTILLATION

1. — Généralités.

L'eau entre en ébullition à 100° sous la pression barométrique de 760. Pour être portée à cette température, elle exige 100 calories, c'est-à-dire la quantité de chaleur qui est nécessaire pour élever de un degré la température de 1 kilogramme d'eau. Mais pour effectuer sa transformation intégrale en vapeur à la température de 100° et à la même pression de 760, chaque kilogramme d'eau exigera une quantité de chaleur r ou chaleur latente de vaporisation. Donc $\lambda = q + r$, λ étant la chaleur totale de vaporisation $t°$ à t^1 °.

D'après Regnault

$$\lambda = 606.5 + 0.305\,t.$$

Soit pour 100°, 637 calories, ou 537 calories pour la chaleur latente de vaporisation.

La chaleur latente de vaporisation r se compose de la chaleur nécessaire au travail mécanique de la vaporisation ou chaleur latente intérieure ρ, plus la chaleur employée au travail extérieur de la vaporisation Apu

$$r = \rho + Apu \text{ et } \lambda = \rho + q + Apu$$

Le volume spécifique de l'eau ou le volume spécifique de 1 kilogramme d'eau est σ, et le volume spécifique de 1 kilogramme de vapeur d'eau saturée est V (en mètres cubes).

$$V = \frac{1}{\gamma} = u + \sigma$$

γ étant le poids spécifique d'un mètre cube de vapeur.

Ces données résultent de la théorie mécanique de la chaleur. Nous complétons par quelques formules pour le chauffage.

Digitized by Google

Ayant P kilos d'eau à t^0, pour les chauffer à t^0_1, il faut employer P_1 kilos de vapeur à t^0_2

$$P_1 = P \frac{t^0_1 - t^0}{t^0_2 - t^0_1}$$

Si l'on veut condenser à t^0_1, une quantité P de vapeur d'eau à 100^0, il faut P_1 kilogrammes d'eau à t^0_2

$$P_1 = P \frac{637 - t^0_1}{t^0 - t^0_2}$$

On suppose que la condensation se fait au moyen d'un barboteur.

Si l'on mélange P kilogramme d'eau à t^0 et P_1 kilogrammes à t^0_1, la température finale est t^0_2 et le poids P t P_1.

$$t^0_2 = \frac{P\,t^0 + P_1\,t^0_1}{P + P_1}$$

La condensation de P kilogramme de vapeur à 100^0 par P_1 kilogrammes d'eau à $t_1{}^0$ donne une température finale de t^0_2

$$t^0_2 = \frac{637\,P + P_1\,t^0_1}{P + P_1}$$

La quantité d'eau P_1 nécessaire pour condenser P_E kil. de vapeur à t^0_1 pour l'amener à t^0_2, c étant la chaleur totale de la vapeur à t^0_1 et θ étant la température du liquide condensé et c_1, sa chaleur spécifique à θ et T la température de la vapeur saturée; est donnée par la formule suivante :

$$P_1 = \frac{P\,(606{,}5 - c\,t_1)}{t^0_2 - t^0_1} + P \frac{0.305\,T}{t^0_2 - t^0_1}$$

Afin de faciliter les calculs qu'on peut avoir à faire sur la dilution et l'évaporation des solutions, nous donnons les formules applicables à tous les cas.

Soient :

e = Eau à ajouter ou à évaporer en poids.

V = Comme ci-dessus le volume après dilution ou avant évaporation.

v = Volume avant dilution ou après évaporation.

D = Densité avant dilution ou après évaporation.

Digitized by Google

D′ = Densité après dilution ou avant évaporation.

$$e = \frac{v\,(D - D')}{(D' - I)} = V - v$$

$$D = \frac{D'(e+v) - e}{v} = \frac{V\,D' - e}{V - e}$$

$$D' = \frac{v\,D + e}{e+v} = D - \frac{e(D - I}{V}$$

$$v = \frac{e(D'-1)}{D-D'} = V - e = \frac{V(D' - I)}{D - I}$$

$$V = e + v$$

On peut encore utiliser les formules suivantes dans lesquelles K est le poids du liquide avant évaporation (K = VD′).

S est le degré Brix en poids avant évaporation (ou du jus).

K′ est le poids du liquide après évaporation (K′ = vD).

S′ est le degré Brix du liquide évaporé.

$$K = \frac{K'S'}{S} \qquad S' = \frac{K\,S}{K'}$$

$$K' = \frac{KS}{S'} \qquad S = \frac{K'S'}{K}$$

$$e = K\left(I - \frac{S}{S'}\right)$$

Pendant l'évaporation d'un liquide les circonstances suivantes influent et ont une grande importance.

1° La quantité d'eau vaporisée pendant l'unité de temps est pour une même température proportionnelle à la surface de chauffe.

2° Pour des surfaces de chauffe égales, la quantité d'eau vaporisée dans l'unité de temps est proportionnelle à la température.

3° L'évaporation dépend de la nature de la surface de chauffe.

4° Le point d'ébullition d'un liquide dépend de sa nature et de la pression qu'il supporte.

5° Toute vapeur à une température donnée provoque la

Digitized by Google

vaporisation d'un autre liquide dont le point d'ébullition est inférieur à la température de la vapeur.

6° Les vapeurs engendrées à une température élevée conservent la même température que le liquide, tant que la pression reste la même.

7° Afin de rendre constant le point d'ébullition d'un liquide, la pression que ce liquide supporte doit rester la même.

Table de Jamin et Amaury, Dupré et Page, donnant la chaleur spécifique moyenne, la chaleur de vaporisation et la température d'ébullition des liquides alcooliques.

Richesse en volume	Chaleur spécifique moyenne entre 0 et 2 t.	Chaleur de vaporisation	Point d'ébullition
0	1.000 + 0.00110 t.	536	100
5	1.04 + 0.00185 t.	523	95.9
10	1.06 + 0.002 t.	509	92.6
15	1.065 + 0.00205 t.	495	90.2
20	1.065 + 0.00205 t.	481	88.3
25	1.06 + 0.0021 t.	467	86.9
30	1.055 + 0.0022 t.	452	85.7
35	1.045 + 0.00235 t.	438	84.8
40	1.035 + 0 0025 t.	424	84.1
45	1.015 + 0.0026 t.	409	83.4
50	0 99 + 0.0027 t.	394	82 8
55	0.96 + 0.00275 t.	379	82.3
60	0.93 + 0.00285 t.	363	81.7
65	0.90 + 0.0029 t.	346	81.2
70	0.865 + 0.00295 t.	330	80.8
75	0.83 + 0.003 t.	312	80.4
80	0.795 + 0.00305 t.	294	79.9
85	0.75 + 0.0031 t.	276	79.5
90	0.705 + 0.0031 t.	256	79.1
95	0.65 + 0 0032 t.	234	78.8
100	0.58 + 0.0034 t.	209	78.4

Table donnant la température de l'eau correspondant à une pression donnée en kilos effectifs.

Pression effective kil.	Température C.	Pression effective kil.	Température C.	Pression effective kil.	Température C.	Pression effective kil.	Température C.
0.5	111	5.5	161	10.5	185	15.5	202
1.0	120	6	164	11	187	16	203
1.5	127	6.5	167	11.5	189	16.5	205
2.	133	7	170	12	191	17	206
2.5	138	7.5	173	12.5	193	17.5	208
3.	143	8	175	13	194	18	209
3.5	147	8.5	177	13.5	196	18 5	210
4.	151	9	179	14	197	19	211
4.5	155	9 5	181	14.5	199	19.5	213
5	158	10	183	15	200	20	214

Digitized by Google

Table de la tension de la vapeur d'eau saturée de 0 à 100°.

Température de la vapeur	Tension de la vapeur. en millimètres de mercure	Vide correspondant	en atmosphères absolues	Température de la vapeur	Tension de la vapeur en millimètres de mercure	Vide correspondant	en atmosphères absolues
0	4·60	755·40	0·006	51	96·66	663·34	0.127
1	4·94	755·06	0·006	52	101·54	658 46	0·133
2	5·30	754·69	0·007	53	106·63	653·36	0·140
3	5·68	754·31	0 007	54	111·94	648·05	0·147
4	6·09	754·00	0·008	55	117·47	642·52	0·154
5	6·53	753·46	0·008	56	123·24	636·76	0·162
6	6·99	753·00	0 009	57	129·25	730 75	0·170
7	7 49	752 50	0 009	58	135·50	624·49	0·178
8	8 01	751·98	0 010	59	142·01	617·98	0·186
9	8·57	751·43	0 011	60	148·79	611·21	0·195
10	9·16	750·83	0·012	61	155·83	604·16	0·205
11	9·79	750·21	0·012	62	163·17	596·83	0·214
12	10·45	749·54	0·013	63	170·79	589 21	0·224
13	11·16	748·84	0·014	64	178·71	581·29	0·235
14	11 90	748 10	0 015	65	186·94	573·05	0·246
15	12·69	747·30	0·016	66	195·49	564·50	0 257
16	13 53	746·46	0·017	67	204·37	555·62	0·268
17	14·42	745·58	0·019	68	213 59	546·40	0·281
18	15 35	744·64	0·020	69	223·16	536.83	0·293
19	16·34	743·65	0·021	70	233·09	526 91	0·306
20	17·39	742·61	0·022	71	243·39	516·61	0·320
21	18 49	741·50	0·024	72	254·07	505·93	0·334
22	19 65	740·34	0 025	73	265·14	494·85	0·348
23	20·88	739·11	0·027	74	276·62	483·38	0·364
24	22·18	737·82	0·029	75	288 51	471·48	0·379
25	23·55	736·45	0·031	76	300·83	459·16	0·395
26	24·98	735·01	0·032	77	313·60	446·40	0·412
27	26·50	733 05	0·034	78	326·81	433 19	0·430
28	28·10	731·90	0·037	79	340·48	419·51	0·448
29	29 78	730·29	0·039	80	354·64	405 36	0·466
30	31·54	728·45	0·041	81	369 28	390·71	0·485
31	33·40	726·60	0·044	82	384·43	375 56	0·505
32	35 35	724·64	0·046	83	400 10	359·90	0 526
33	37·41	722·59	0 049	84	416·29	343 70	0·547
34	39·56	720·43	0·052	85	433 04	326 99	0 569
35	41 82	718·17	0·055	86	450·34	309 66	0·592
36	44·20	715·80	0·058	87	468·22	291·78	0 616
37	46 69	713 31	0·061	88	486·68	273 31	0·640
38	49·30	710·70	0·064	89	505·75	254·24	0·665
39	52 03	707·96	0·068	90	525 45	234 55	0·691
40	54·90	705·10	0·072	91	545 77	214·22	0·718
41	57·91	702·09	0 076	92	566·75	193·24	0·745
42	61 05	698 94	0·080	93	598·40	171·59	0·774
43	64·34	695·65	0·084	94	610·74	149·26	0·803
44	67·79	692 21	0·089	95	633 77	126 22	0·833
45	71·39	688.61	0·093	96	657 53	102·46	0 865
46	75·15	684·84	0·098	97	682·02	77·97	0·897
47	79·09	680 91	0·104	98	707·28	52·72	0·930
48	83·20	676·79	0·109	99	733·30	26·69	0·964
49	87·49	672·50	0·115	100	760·00	0·00	1·000
50	91·98	668·02	0·121				

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF
Digitized by Google

La pression atmosphérique exerçant une action sur la température d'ébullition de l'eau, il est nécessaire de faire subir une correction aux nombres observés pour les ramener à la pression de 760.

A cet effet on se sert de la table suivante.

Vide en cm.	Différence en 0° C. à la pression atmosphérique de				Indication du manomètre		Différence à 760 + n mm. de la pression atmosphérique	
	750	740	730	720	à mercure	à ressort métallique	n = 10	n = 30
70	3.4	7.5	12.6	19.3	10	0.169	0.33	1.0
65	1.9	4 0	6.4	9.0	20	0.305	0 30	0.91
60	1 4	2 9	4.4	6.2	30	0.441	0.28	0 84
55	1.1	2.2	3 4	4.6	40	0.577	0.26	0 77
50	0.9	1.8	2.8	3.8	60	0.849	0.23	0.67
45	0.8	1.6	2.4	3.3	80	1 121	0 20	0 61
40	0.7	1.4	2.15	2.9	—	1.5	0.18	0.55
35	0.6	1.2	1.8	2.6	—	2.0	0.13	0.4
30	0.56	1.1	1 7	2.3	—	3.0	0.11	0.35
25	0.51	1.0	1.52	2.1	—	4.0	0 1	0.3
20	0.47	0.95	1.4	2.0	—	5.0	0.1	0.3
15	0.44	0.9	1.34	1.8	—	6.0	—	0.2
10	0.42	0.84	1.26	1.7	—	8.0	—	0.2
5	0 4	0 8	1.2	1 6	—	11 0	—	0.15
	0.35	0.7	1.1	1.5	—	—	—	—

Il résulte de cette table que la différence pour les vides élevés et pour la différence $n = 10$ (750 mm.) n'est pas le tiers de la différence pour $n = 30$, mais est plus élevée. Ainsi pour 60 cm. de vide elle est le tiers de la correction pour 730 mm. : $\frac{4.4}{3} = 1°13$. La correction pour 750 mm. est 1°4, c'est-à-dire beaucoup plus élevée.

Pour la pression cette différence est très petite. A l'aide de cette table on peut donc facilement calculer la température qui correspond au vide apparent et à la pression.

Ainsi le manomètre indique 0,67 à la pression atmosphérique de 740, la température qui correspond à 0,67 atm. est 114°. Il faut retrancher $0{,}25 \times 2 = 0{,}50$ et la température est 113°5.

Digitized by Google

Table donnant la tension de la vapeur et la chaleur qu'elle contient.

Tension absolue en atmosphères	Tension absolue en millimètres de mercure	Température totale t	Chaleur totale cal. λ	Chaleur contenue dans le liquide q	Chaleur latente interne ρ	Chaleur latente externe Apu	Poids d'un m³ de vapeur en kilos ν
0·10	78·6	45·6	620·4	45·7	539·6	35·1	0·0665
0·2	147·1	59·8	624·7	59·9	528·3	36·5	0·1218
0·3	220·7	68·7	627·5	68·9	521·2	37·4	0·1876
0·4	294·2	75·5	629·5	75·7	515·8	38·0	0·2459
0·5	367·8	80·9	631·2	81·2	511·5	38·5	0·3033
0·6	441·3	85·5	632·5	85·8	507·8	38·9	0·3600
0·7	514·9	89·5	633·8	89·8	504·7	39·3	0·4161
0·8	588·4	93·0	634·8	93·4	501·8	39·6	0·4719
0·9	662·0	96·2	635·9	96·7	499·3	39·9	0·5273
1·0	735·5	99·1	636·9	99·8	497·0	40·1	0·5823
1·1	809·1	101·8	637·6	102·3	494·9	40·4	0·6365
1·2	882·6	104·2	638·3	104·8	492·9	40·6	0·6907
1·3	956·2	106·6	639·0	107·1	491·1	40·8	0·7446
1·4	1029·7	108·7	639·6	109·3	489·4	40·9	0·7983
1·5	1103·3	110·8	640·3	111·4	487·8	41·1	0·8518
1·6	1176·8	112·7	640·9	113·4	486·2	41·3	0·9050
1·7	1250·4	114·5	641·5	115·3	484·8	41·4	0·9580
1·8	1323·9	116·3	642·0	117·0	483·4	41·6	1·0109
1·9	1397·5	118·0	642·5	118·8	482·0	41·7	1·0637
2·0	1471·0	119·6	643·0	120·4	480·8	41·8	1·1161
2·1	1544·6	121·1	643·4	121·9	479·6	41·9	1·1684
2·2	1618·1	122·6	643·9	123·4	478·4	42·1	1·2206
2·3	1691·7	124·0	644·4	124·9	477·3	42·2	1·2726
2·4	1765·2	125·4	644·8	126·3	476·2	42·3	1·3245
2·5	1838·8	126·7	645·2	127·7	475·1	42·4	1·3763
2·6	1912·3	128·0	645·6	129·0	474·1	42·5	1·4280
2·7	1985·9	129·3	645·9	130·2	473·1	42·6	1·4793
2·8	2059·4	130·5	646·4	131·5	472·1	42·8	1·5307
2·9	2133·0	131·7	646·7	132·7	471·2	42·8	1·5820
3·0	2206·5	132·8	647·1	133·9	470·3	42·9	1·6332
3·1	2280·1	133·9	647·3	135·0	469·4	42·9	1·6843
3·2	2353·6	135·0	647·7	136·1	468·6	43·0	1·7352
3·3	2427·2	136·1	648·0	137·2	467·7	43·1	1·7864
3·4	2500·7	137·1	648·3	138·2	466·9	43·2	1·8369
3·5	2574·3	138·1	648·6	139·3	466·1	43·2	1·8879
3·6	2647·8	139·1	648·9	140·3	465·3	43·3	1·9384
3·7	2721·4	140·1	649·3	141·3	464·6	43·4	1·9889
3·8	2794·9	141·0	649·4	142·2	463·8	43·4	2·0392
3·9	2868·5	141·9	649·8	143·2	463·1	43·5	2·0894
4·0	2942·0	142·8	650·1	144·1	462·4	43·6	2·1400
4·1	3015·6	143·7	650·3	145·0	461·7	43·6	2·1901
4·2	3089·1	144·6	650·7	446·0	461·0	43·7	2·2401
4·3	3162·7	145·4	650·9	146·8	460·3	43·8	2·2902
4·4	3236·2	146·8	651·1	147·6	459·7	43·8	2·3403
4·5	3309·8	147·1	651·4	148·5	459·0	43·9	2·3902
4·6	3383·3	147·9	651·6	149·3	458·4	43·9	2·4402
4·7	3456·9	148·7	651·8	150·1	457·7	44·0	2·4900
4·8	3530·4	149·5	652·0	150·9	457·1	44·0	2·5394
4·9	3604·0	150·2	652·3	151·7	456·5	44·1	2·5893

Digitized by Google

Tension absolue en atmosphères	Tension absolue en millimètres de mercure	Température totale t	Chaleur totale cal. λ	Chaleur contenue dans le liquide q	Chaleur latente interne ρ	Chaleur latente externe $Ap\omega$	Poids d'un m³ de vapeur en kilos v
5·0	3677·6	151·0	652·6	152·5	455·9	44·2	2·6412
5·1	3751·1	151·7	652·7	153·2	455·3	44·2	2·6832
5·2	3824·7	152·5	653·1	154·0	454·8	44·3	2·7375
5·3	3898·2	153·2	653·2	154·7	454·2	44·3	2·7871
5·4	3971·8	153·9	653·5	155·5	453·6	44·4	2·8369
5·5	4045 3	154·6	653·7	156·2	453·1	44·4	2·8860
5·6	4118·9	155·3	653·8	156·9	452·5	44·4	2·9351
5·7	4192·4	156·0	654·1	157·6	452·0	44·5	2·9842
5·8	4266·0	156·7	654·3	158·3	451·5	44·5	3·0331
5·9	4339·5	157·3	654·5	159·0	450·9	44·6	3·0826
6·0	4413·1	157·9	654·6	159·6	450·4	44·6	3·1319
6·1	4486·6	158·6	654·9	160·3	449·9	44·7	3·1807
6·2	4560·2	159.2	655·0	160·9	449·4	44·7	3·2300
6·3	4633·7	159·9	655·3	161·6	448·9	44·8	3·2787
6·4	4707·3	160·5	655·4	162·2	448·4	44·8	3·3278
6·5	4780·8	161·1	655·6	162·9	447·9	44·8	3·3761
6·6	4854·4	161·7	655·9	163·5	447·5	44·9	3·4247
6·7	4927·9	162·3	656·0	164·1	447·0	44·9	3·4734
6·8	5001·5	162·9	656·1	164·7	446·5	44·9	3·5224
6·9	5075·0	163·5	656·4	165·3	446·1	45·0	3·5714
7·0	5148·6	164·0	656·5	165·9	445·6	45·0	3·6193
7·25	5332·4	165·4	656·9	167·3	444·5	45·1	3·7411
7·5	5516·3	166·8	657·4	168·8	443·4	45·2	3·8610
7·75	5700·2	168·2	657·8	170·1	442·4	45·3	3·9825
8·00	5884·1	169·5	658·2	171·5	441·3	45·4	4·1034
8·25	6068·0	170·7	658·5	172·8	440·3	45·4	4·2230
8·5	6251·8	172·0	658·9	174·1	439.3	45·5	4·3440
8·75	6435·7	173·2	659·3	175·3	438·4	45·6	4·4623
9·0	6619·6	174·4	659·7	176·6	437.4	45·7	4·5830
9·25	6803·5	175·5	660·0	177·8	436·5	45·7	4·7015
9·50	6987·4	176·7	660·4	179·0	435·6	45·8	4·8216
9·75	7171·2	177·8	660·7	180·1	434·7	45·9	4·9407
10·00	7355·1	178·9	661·0	181·2	433·9	45·9	5·0607
10·25	7539·0	180·0	661·4	182·4	433·0	46·0	5·1787
10·50	7722·9	181·0	661·7	183·4	432·2	46·1	5·2966
10·75	7906·7	182·0	662·0	184·5	431·4	46·1	5·4142
11·00	8090·6	183·1	662·4	185·6	430·6	46·2	5·5340
11·25	8274·5	184·1	662·7	186·6	429·8	46·3	5·6497
11·50	8458·4	185·0	662·9	187·6	429·0	46·3	5·7703
11·75	8642·2	186·0	663·3	188·6	428·3	46·4	5·8858
12·00	8826·1	186·9	663·5	189·6	427·5	46·4	6·0060
12·25	9010·0	187·8	663·9	190·6	426·8	46·5	6·1200
12·50	9193·9	188·8	664·0	191·5	426·0	46·5	6·2383
12·75	9377·8	189·7	664·4	192·5	425·3	46·6	6·3573
13·00	9561·6	190·6	664·6	193·4	424·6	46·6	6·4725
13·50	9929·4	192·3	665·2	195·2	423·3	46.7	6·7069
14·00	10297·1	194·0	665·6	196·9	421·9	46·8	6·9396
14·50	10664·9	195·6	666·2	198·7	420·6	46·9	7·1737
15·0	11032·7	197·2	666·6	200·3	419·3	47·0	7·4019

Digitized by Google

Table donnant la tension de vapeur les valeurs de λ et r et la pression par mètre carré.

Température t,	Vide en mm. de mercure	Diminution du vide pour 1° c.	$\lambda =$ 606.6 $+ 0.305\ t$	$r =$ 687 — $0.708\ t$	Pression de la vapeur par mètre carré p	Volume d'un kilo de vapeur en m³ v
40	70·51		618·700	578·680	0 0746	19·736
41	70·21	0·30	619·005	577·972	0·0786	18·866
42	69·89	0·32	619·310	577·264	0·0830	17·997
43	69·56	0·33	619·615	576·556	0·0875	17·128
44	69·22	0·34	619·920	575·848	0·0922	16 259
45	68·86	0·36	620·225	575·140	0·0971	15·390
46	68·48	0·38	620·530	574·452	0·1023	14·730
47	68·09	0·39	620·835	573·724	0·1076	14·074
48	67·68	0·41	621·140	578·016	0·1132	13·418
49	67·25	0·43	621·445	572·308	0·1190	12·162
		0·45				
50	66 80		621·750	571·600	0 1250	12·106
51	66·33	0 47	622 055	570·892	0·1316	11·606
52	65·84	0·49	622·360	570·184	0·1381	11·105
53	65·33	0·51	622·665	569·476	0·1451	10·604
54	64·80	0·53	622·970	568·768	0·1522	10·103
55	64·25	0·55	623·275	568·060	0·1597	9·604
56	63·67	0·58	623·580	567·352	0·1675	9·219
57	63·07	0·60	623·885	566·614	0·1758	8·834
58	62·45	0·62	624·190	565·936	0·1842	8·449
59	61·79	0·66	624·495	565·228	0·1932	8·064
		0·67				
60	61·12		624·800	564·620	0·2023	7·678
61	60·42	0·70	625·105	563·812	0·2127	7·380
62	59·68	0·74	625·410	563·104	0·2227	7 082
63	58·92	0 76	625·715	562·396	0·2330	6·784
64	58·13	0·79	626·020	562·688	0·2437	6·486
65	57·31	0·82	626·325	560·980	0·2542	6·188
66	56·45	0·86	626·630	560·272	0·2658	5 914
67	55·56	0·89	626·935	559·554	0·2780	5·662
68	54·64	0·92	627·240	558·856	0·2903	5·432
69	53·88	0·96	627·545	558·148	0·3034	5·219
		0·99				
70	52 69		627·850	557·440	0·3169	5·023
71	51·66	1·03	628·155	556 732	0·3309	4·810
72	50·59	1·07	628·460	556· 24	0·3454	4·614
73	49·48	1·11	628·765	555·316	0·3600	4·435
74	48 33	1·15	629·070	554·608	0·3763	4·106
75	47·15	1·18	629·375	553·900	0·3923	4·106
76	45·92	1·23	629·680	553·192	0·4089	3·781
77	44·64	1·28	629·985	552·484	0·4264	3·636
78	43·32	1·32	630·290	551·776	0·4444	3·466
79	41·95	1·37	630·595	551·078	0·4630	3·379
		1·42				
80	40 53		630·900	550·360	0 4832	3·379
81	39·07	1·46	631·205	549·652	0·5021	3·248
82	37·55	1·52	631·510	548·944	0·5227	3·121
83	35·99	1·56	631·815	548·236	0·5440	3·007
84	34·37	1·62	632·120	547·538	0·5662	2·900
		1·67				
85	32·70		632·425	546·820	0·5887	2·798
86	30·96	1·74	632·730	546·112	0·6123	2·690
87	29·18	1·78	633·035	545·404	0·6365	2·591
88	27·33	1·85	633·340	544·696	0·6617	2·498
89	25·42	1·91	633·645	543·988	0·6876	2·412
		1·97				
90	23·45		633·950	543·280	0·7144	2·331
91	21·42	2·03	634·255	542·572	0·7420	2·245
92	19·32	2·10	634·560	541·864	0·7706	2·165
93	17·16	2·16	634·865	541·156	0·8000	2·090
94	14·92	2·24	635·170	540·448	0·8304	2·021
95	12·62	2·30	635·475	539·740	0·8617	1·954
96	10·25	2·37	635·780	539·032	0·8815	1·885
97	7·79	2·46	636·085	538·324	0·9274	1·821
98	5·27	2·52	636·390	537·616	0·9615	1·761
99	2·67	2·60	636·695	536·908	0·9969	1·704

Digitized by Google

Table de Regnault donnant la chaleur de vaporisation de l'alcool absolu.

Température de vaporisation	Chaleur latente	Chaleur totale
0	236	236.5
10	238	244 4
20	240.6	252.0
30	240.5	258.0
40	238.3	262.0
50	233.8	264 0
60	227.6	265.0
70	220.6	265 2
80	213.1	265.2
90	206.0	266.0
100	199.1	267.3
110	192.9	269.6

Table de Regnault donnant la chaleur spécifique des liquides alcooliques.

Richesse en volume	Chaleur spécifique à 0°
10	1.052
20	1.043
30	1.012
40	0.946
50	0.878
100	0.547

2. — Principes de la distillation.

Les moûts avant fermentation constituent des solutions de sucre, de matières protéiques et de différents sels, tandis qu'après fermentation, les solutions contiennent de l'eau, des produits de la fermentation et les matières non transformées.

Les produits principaux de la fermentation sont l'alcool et l'acide carbonique ; les produits secondaires sont l'acide succinique, la glycérine, les acides lactique et acétique, les alcools butylique, propylique et amylique, et différents éthers.

Les éléments non modifiés par la fermentation sont constitués par les matières végétales de la matière première.

Les matières constituantes du moût fermenté peuvent donc

Digitized by Google

se diviser en deux groupes : les corps volatils et les corps fixes que la distillation permet de séparer.

Ce sont :

Eau	Eléments volatils.
Alcool éthylique et ses homologues	—
Aldéhyde	—
Huile de fusel	—
Acide carbonique	—
Acides gras	—
Extrait du moût	Eléments non volatils.
Levure	—

Les propriétés physiques des matières volatiles que nous venons d'indiquer sont les suivantes :

Alcool éthylique. — Point d'ébullition, 70°,4 C. Densité, 0.795, soluble en toutes proportions dans l'eau et miscible avec tous les produits de la fermentation.

Alcool propylique. — Point d'ébullition, 98° C. Densité, 0,812.

Alcool butylique. — Point d'ébullition, 109° C. Densité, 0,803. Difficilement soluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool au-dessus de 50° G. L., odeur et saveur désagréables, contrairement aux deux alcools ci-dessus.

Alcool amylique. — Point d'ébullition, 132° C. Densité, 0,825. Insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool au-dessus de 50° G.L., saveur et odeur très désagréables. L'alcool amylique constitue la plus grande partie de l'huile de fusel des pommes de terre des grains et des betteraves.

Acétaldéhyde. — Point d'ébullition, 21° C. Densité 0,801, faciment soluble dans l'alcool et dans l'eau ; odeur piquante et saveur désagréable.

Acides gras volatils. — Acide acétique, point d'ébullition, 119°, et acide butyrique, point d'ébullition, 127° C. Dans les conditions normales, il ne se produit que de l'acide acétique et seulement en petites quantités.

Parmi les matières volatiles, c'est l'eau qui est en plus grande quantité. La quantité d'alcool s'élève à 13 et au plus à 14 0/0 pour les moûts très épais ; mais elle peut s'abaisser à 5-6 0/0, suivant la qualité des moûts.

Digitized by Google

Si l'on chauffe le moût fermenté, l'acide carbonique se dégage d'abord, puis l'alcool se vaporise avec l'eau, l'acide acétique, l'huile de fusel. Comme on le voit, on peut ainsi séparer les matières volatiles des matières non volatiles du moût qui restent dans le liquide. Si l'on effectue le chauffage du moût dans un appareil qui permet de condenser les vapeurs d'alcool, d'eau, d'acide acétique et de fusel, on obtient un liquide qui est le mélange de ces substances volatiles L'acide carbonique n'est pas condensé et s'échappe au dehors. On nomme les appareils dans lesquels s'effectue le chauffage des vins fermentés, des *appareils distillatoires*, et la séparation des parties volatiles du moût se nomme la *distillation*. Le mélange des matières volatiles condensées se nomme le *produit distillé* ou *flegme*.

La distillation n'est donc autre chose, en général, que la transformation d'un liquide en vapeurs, combinée avec la condensation simultanée par le refroidissement des vapeurs produites. Une disposition appropriée permet de séparer la partie condensée de la partie à vaporiser. Les corps volatils peuvent être eux-mêmes séparés les uns des autres, pourvu qu'ils possèdent un degré de volatilité et, par suite, un point d'ébullition différent. C'est ce qu'on nomme la distillation fractionnée.

La différence de volatilité des matières contenues dans les moûts fermentés, c'est-à-dire l'alcool, l'eau, etc., a pour effet qu'elles ne se vaporisent pas dans les mêmes proportions dans lesquelles elles se trouvent dans le moût. Ainsi, les vapeurs qui se dégagent au début de la distillation d'un moût contenant 7 0/0 d'alcool, renferment, non 7 0/0 d'alcool, mais une proportion beaucoup plus grande, environ 50 0/0, et donnent par la condensation un alcool de cette force, c'est-à-dire beaucoup plus riche que le moût initial. En effet, par suite de la plus grande volatilité de l'alcool, il se vaporise beaucoup plus d'alcool que d'eau au commencement de la distillation.

Par ce fait, la proportion entre l'alcool et l'eau dans le moût varie donc pendant la distillation : le moût devient plus pauvre en alcool ; par suite, les vapeurs deviennent moins alcooliques ainsi que le liquide condensé ; car moins les liquides sont riches en alcool, moins les vapeurs sont alcooliques et réciproquement.

Digitized by Google

Pendant la distillation la richesse alcoolique du moût diminue progressivement, en même temps que celle de l'alcool condensé ; tandis que le point d'ébullition croît constamment. Si, par exemple, la richesse alcoolique du moût est abaissée à 5°, la vapeur du liquide alcoolique n'est plus que de 40° ; lorsque la richesse alcoolique du moût est descendue à 2°, celle de la vapeur n'est plus que de 28°, et enfin lorsque le moût ne contient plus que 1° G. L., la vapeur formée n'en contient plus que 13°. Il distille donc proportionnellement toujours de plus en plus d'eau avec l'alcool au fur et à mesure que le moût devient moins alcoolique.

Mais, si pendant la distillation des moûts les vapeurs formées sont constamment plus riches en alcool que le moût, il doit arriver un moment où tout l'alcool est vaporisé, sans que pour cela toute l'eau ait distillé. En effet, lorsque d'un moût on a vaporisé un tiers de son poids, tout l'alcool a distillé et on n'en trouve plus dans le résidu et le moût restant a le même point d'ébullition que l'eau. Lorsqu'on n'a en vue que la séparation de l'alcool de l'eau, on interrompt alors la distillation ; on cesse lorsque l'alcoomètre marque 0 dans le produit distillé. Si le moût soumis à la distillation contenait 7 0/0 d'alcool, le produit distillé aurait 21 0/0, car tout l'alcool sera concentré dans un liquide dont le volume n'est que d'un tiers du volume primitif du moût. Le résidu liquide resté dans la chaudière se nomme la *vinasse* lorsque le moût distillé est du moût clair, exempt de matières solides, et *drêche* lorsque le moût distillé est du moût épais.

D'après ce que nous venons de dire, il est possible d'obtenir par distillation d'un moût fermenté un produit distillé plus riche en alcool que le moût initial. Dans le cas que nous venons d'examiner, un moût à 7 0/0 donne un alcool à 21 0/0.

Ce que nous venons de dire de l'inégale volatilisation de l'alcool et de l'eau dans la distillation du moût, s'applique également aux deux autres produits volatils : l'acide acétique et le fusel, dont les points d'ébullition sont plus élevés que celui de l'eau. Au début de la distillation, lorsque le point d'ébullition du moût est le plus bas par suite de sa teneur en alcool, ces produits ne distillent qu'en petite quantité ; mais peu à peu le point d'ébullition s'élève par suite du départ de l'alcool ;

Digitized by Google

ces produits distillent de plus en plus. Le dernier produit distillé est le plus riche en fusel et possède une odeur désagréable.

Comme les moûts et les liquides fermentés, en général, se comportent aussi les produits distillés, c'est-à-dire les mélanges d'eau, d'alcool, de fusel et d'acide acétique lorsqu'on les distille de nouveau. Si, par exemple, le liquide à 21° est redistillé, il ne passe pas tel quel, mais les vapeurs qu'il engendre sont toujours plus alcooliques que le liquide de la chaudière, et il arrive enfin encore un moment où tout l'alcool est vaporisé et où le résidu liquide n'en contient plus.

Si l'on soumet à une nouvelle distillation le produit d'une première distillation contenant 21 0/0 d'alcool, il sera dépouillé de tout son alcool dès que la moitié du liquide aura été recueillie à l'éprouvette et le résidu liquide restant dans l'alambic se composera d'eau, de la majeure partie de l'acide acétique et du fusel.

Le produit distillé obtenu marque 42° G. L. De cette manière, c'est-à-dire par des distillations répétées, qu'on nomme la *rectification*, on peut, en partant d'un moût peu alcoolique, obtenir un produit distillé très alcoolique. Naturellement on peut fractionner la distillation pendant les diverses phases de l'opération pour obtenir des produits plus ou moins alcooliques, les premiers au commencement, les autres à la fin de la distillation.

L'alcool absolu, complètement privé d'eau, ne peut être obtenu par simple distillation ; pour le préparer, il est nécessaire d'avoir recours à des moyens chimiques qui absorbent l'eau et se combinent avec elle.

La grandeur de la cucurbite dépend de la quantité de moût ou vin à distiller et du nombre des opérations à faire. Avec les moûts riches il suffira généralement de distiller au maximum un tiers du moût pour en retirer tout l'alcool. La quantité à distiller varie, en effet, suivant la richesse alcoolique du moût : elle est plus faible avec les moûts peu alcooliques que pour ceux qui contiennent plus d'alcool.

D'après Gall, pour récupérer complètement l'alcool, on doit distiller pour 100 kilogrammes de moût :

Digitized by Google

Moût à 3° = 10 kg.	d'alcool,	c'est-à-dire que pour 1°	d'alcool il y a	5 2/3 d'eau.
— 4° = 25	—	—		5 1/4 —
— 5° = 29	—	—		4 4/5 —
— 6° = 33	—	—		4 1/2 —

On voit qu'il est nécessaire de distiller des moûts riches en alcool, car on vaporise relativement moins d'eau, ce qui a sa valeur au point de vue de la consommation de combustible.

PRODUCTION DE LA VAPEUR DANS LES LIQUIDES ALCOOLIQUES

Il nous reste, en nous appuyant sur les faits généraux que nous venons d'énumérer, à indiquer les lois générales d'après lesquelles se fait la production de la vapeur dans les liquides alcooliques.

Lorsqu'on chauffe un liquide, il se dilate d'abord, puis absorbe la chaleur qu'on lui donne et sa température s'élève jusqu'à ce qu'il entre en ébullition, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il dégage des vapeurs. A ce moment la température n'augmente plus, car l'ébullition est atteinte. Mais la chaleur absorbée par le liquide ne sert pas seulement à augmenter sa température, mais à vaincre la pression extérieure et la force de cohésion.

La température d'ébullition est absolument indépendante de la grandeur de la force moléculaire (cohésion), ainsi que de celle de la pression extérieure. Lorsque l'ébullition est commencée, la chaleur qu'on continue à donner au liquide ne sert plus qu'à la transformation mécanique des molécules liquides en molécules gazeuses.

L'ébullition est différente suivant qu'il s'agit de liquides physiquement miscibles ou non. Parmi les premiers on comprend ceux qui se mélangent d'une manière absolue, c'est-à-dire en toutes proportions.

L'alcool et l'eau sont, comme nous l'avons déjà fait ressortir plus haut, miscibles en toutes proportions. Mais les moûts fermentés contiennent, outre l'alcool et l'eau, de l'huile de fusel qui n'est pas complètement miscible à l'eau et à l'alcool. La quantité de fusel est tellement faible que dans ce cas elle n'empêche pas d'appliquer les lois de la vaporisation des liquides miscibles.

Ces lois sont les suivantes :

1° La température d'ébullition est fonction du rapport qui

Digitized by Google

existe entre les quantités des liquides mélangés. Lorsque le mélange subit une modification par la distillation, le point d'ébullition s'élève. Ce point d'ébullition est, en un mot, variable avec les quantités mélangées;

2° Le rapport du mélange des composants dans la vapeur dégagée par le liquide en ébullition dépend du rapport des mêmes corps dans le mélange liquide;

3° Le mélange de vapeurs contient constamment une plus grande quantité du liquide le plus volatil.

Grœning a déterminé le rapport des quantités mélangées dans la vapeur, le liquide et le point d'ébullition correspondant; les chiffres qu'il a établis se trouvent groupés dans le tableau suivant.

Les nombres de Grœning ont été complétés d'abord par Pampe, puis par Donitz. Ces deux tables concordent.

Sorel a entrepris une série d'expériences pour vérifier la table de Grœning et pour écarter l'influence du rayonnement des parois qui, d'après lui, joue un grand rôle. « Ces parois, dit Sorel, maintenues par le rayonnement à une température inférieure à celle des vapeurs, en condensent une partie plus ou moins notable, qui influe sur le mélange aériforme restant dans la panse et le chapiteau de l'appareil et en modifie profondément la composition. »

La courbe qui donne, d'après les expériences de Sorel, la valeur U du degré Gay-Lussac dans le liquide distillé en fonction de a ou titre Gay-Lussac du liquide présente comme particularité, qu'après une ascension très rapide de 0° à 20°, elle se confond presque exactement entre 25 et 65° avec la droite donnée par l'équation.

$$U = 0{,}2975\, a + 59{,}86$$

Digitized by Google

Table de Grœning complétée par Donitz et revisée par Sorel.

Point d'ébullition	RICHESSE ALCOOLIQUE du liquide en volume a'	RICHESSE ALCOOLIQUE du liquide en poids	RICHESSE ALCOOLIQUE de la vapeur en volume U	RICHESSE ALCOOLIQUE de la vapeur en poids	RICHESSE ALCOOLIQUE de la vapeur en volume d'après Sorel a
100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
99.0	1.0	0.8	13.0	10.5	9.9
98.2	2.0	1.6	28.6	23.5	17.7
97.4	3.0	2.4	35.0	29.0	25.2
96.6	4.0	3.2	39.9	33.3	31.25
95.9	5.0	4.0	43.4	36.5	35.75
95.2	6.0	4.8	46.7	39.5	39.30
94.5	7.0	5.6	49.8	42.3	42.6
93.9	8.0	6.4	52.3	44.7	45.5
93.3	9.0	7.2	54.5	46.8	48.4
92.6	10.0	8.0	57.2	49.4	51.0
92.1	11.0	8.9	59.0	51.2	53.45
91.5	12.0	9.7	60.8	53.0	55.75
91.1	13.0	10.5	62.4	54.6	57.45
90.6	14.0	11.3	64.0	56.2	59.80
90.2	15.0	12.2	65.4	57.7	61.5
89.7	16.0	13.0	66.8	59 1	62.96
89.3	17.0	13.8	68.0	60.4	64.95
89.0	18.0	14.6	69.2	61.6	
88.6	19.0	15.4	70.3	62.8	
88.3	20.0	16.3	71.3	63 9	66.2
87.9	21.0	17.1	72.1	64.8	
87.7	22.0	17.9	73.0	65.7	67.0
87.4	23.0	18.8	73.7	66.5	
87.1	24.0	19.6	74.4	67.3	67.7
86.9	25.0	20.5	75.1	68.1	67.95
86.6	26.0	21.3	75.8	68.8	68.2
86 4	27.0	22.1	76.4	69.5	
86.2	28.0	23.0	77.0	70.2	68.75
86.0	29.0	23.8	77.6	70.8	
85.7	30.0	24.7	78.1	71.4	69.26
85.5	31.0	25.6	78.7	72.1	
85.3	32.0	26.4	79.2	72.7	69.77
85.1	33 0	27.3	79.7	73.2	
85.0	34.0	28.1	80.1	73.7	70.3
84.8	35.0	29.0	80.5	74.1	70.6
84.7	36.0	29.9	80.9	74.6	70.87
84.5	37.0	30.7	81.2	75.0	
84.4	38.0	31.6	81.6	75.5	71.43
84.2	39.0	32.5	82.0	75.9	
84.1	40.0	33.4	82.3	76.3	71.95
83.9	41.0	34.3	82.7	76.7	
83.8	42.0	35.2	83.0	77.1	72.5
83.7	43.0	36.1	83.3	77.4	
83.5	44.0	37.0	83.6	77.8	73.12
83.4	45.0	37.9	83.8	78.1	73.45
83.3	46.0	38.8	84.1	78.4	73.75
83.1	47.0	39.7	84.3	78.7	
83.0	48.0	40.7	84.6	79.0	74.35
82.9	49.0	41.6	84.8	79.3	
82.8	50.0	42.5	85.1	79.6	74.95
82.7	51.0	43.5	85.3	79.9	
82.6	52.0	44.4	85.5	80.2	75.58
82 5	53.0	45.4	85.7	80.4	
82.4	54.0	46.3	86.0	80.7	76.22
82.3	55.0	47.3	86.2	81.0	76.54
82.1	56.0	48.3	86.4	81.2	76.86
82.0	57.0	49.2	86.6	81.5	
81.9	58.0	50.2	86.9	81 8	77.50
81.8	59.0	51.2	87.1	82.0	
81.7	60.0	52.2	87.3	82.3	78.17
81.6	61.0	53.2	87.5	82.5	
81.5	62.0	54.2	87.6	82.7	78.86
81.4	63.0	55 2	87.8	83.0	
81.3	64.0	56.2	88.0	83.2	79.56
81.2	65.0	57.3	88.2	83.4	79.92
81.2	66.0	58.3	88.3	83.6	80.28
81.1	67.0	59.3	88.5	83.8	
81.0	68.0	60.4	88.6	84.0	81.05
80.9	69.0	61.4	88.8	84.2	
80.8	70.0	62.5	89.0	84.4	81.85
80.7	71.0	63.6	89.1	84.6	
80.6	72.0	64.6	89.3	84.8	82.75
80.5	73.0	65.7	89.4	85.0	
80.5	74.0	66.8	89.6	85.2	83.65
80.4	75.0	67.9	89.8	85.5	84.1
80.3	76.0	69.0	90.0	85.7	84.55
80.2	77.0	70.2	90.1	85.9	
80.1	78.0	71.3	90.3	86.1	85.48
80.0	79.0	72.5	90.4	86.3	
79.9	80.0	73.6	90.6	86.6	86.49
79.8	81.0	74.8	90.8	86.8	
79.7	82.0	75.9	91.0	87.0	87.5
79.7	83.0	77.1	91.1	87.2	
79.6	84.0	78.3	91.3	87.4	88.53
79.5	85.0	79.5	91.5	87.7	89.05
79.4	86.0	80.7	91.6	87.9	89.59
79.3	87.0	82.0	91.8	88.1	
79.2	88.0	83.2	92.1	88.5	90.67
79.2	89.0	84.5	92.3	88.8	
79.1	90.0	85.8	92.6	89.2	91.80
	92 0				93.25
	93				93.80
	94				94 50
	95		95.4		95.05
	96				96.2
	97				97.1
	97.6		97.6		97.6
	98		98.0		98.0

Digitized by Google

D'après Maercker, la consommation de chaleur dans la distillation se compose des quantités suivantes :

1. La chaleur nécessaire pour élever le moût à la température d'ébullition.

2. La chaleur nécessaire à la vaporisation de l'alcool du moût et de celui de la rétrogradation.

3. La chaleur perdue par rayonnement et perte dans les conduites.

Cette chaleur se retrouve et égale celle :

1. De l'eau du condenseur et du réfrigérant.

2. De la vinasse et de la rétrogradation.

3. De l'alcool qui sort de l'appareil.

On peut donc établir exactement la consommation de chaleur d'un appareil à distiller lorsqu'on connaît les facteurs suivants :

1. La quantité de moût et sa température.

2. La quantité d'eau de réfrigération et sa température.

3. La chaleur perdue par rayonnement.

4. La quantité d'alcool qui sort à l'éprouvette et sa température.

5. Les quantités de vinasse, de rétrogradation et leur tempéture.

On évalue difficilement le rayonnement et la perte de chaleur dans les conduites; cette perte dépend de la vitesse de renouvellement de l'air autour de l'appareil et de la température de l'air ambiant.

Distillation de deux liquides miscibles. — Duclaux a établi les lois de la distillation de deux liquides miscibles.

Si l'on désigne par :

$a + e$ le volume du mélange d'alcool a et d'eau e ;

D et d, les volumes d alcool et d'eau dans les vapeurs ou dans le liquide condensé,

m coefficient variable pour chaque mélange,

pour établir les rapports de la richesse des vapeurs à la richesse du liquide initial, on établit les formules :

$$\frac{D}{d} = m \frac{a}{a+e}$$

Digitized by Google

Si A est le volume de vapeur du liquide et E le volume de vapeur d'eau dans le mélange des vapeurs, on a :

$$\frac{A}{E} = p\frac{a}{a+e}$$

p étant un coefficient variable pour chaque mélange.

Du rapport $\frac{A}{E}$ on calcule les rapports des tensions de vapeurs dans le mélange. Duclaux a donné pour divers liquides les valeurs de *m* et *p*.

Liquide mélangé à l'eau.	m.	p.	Richesses-limites 0/0 parties du liquide.
Alcool méthylique.....	10.9	4.85	0 — 30
— éthylique....	15.4	4.71	0 — 25
— propylique... ...	20.9	4.87	0 — 10
— butylique	41.5	8.04	0 — 4
— amylique.....	49.6	7.98	0 — 1.6
Acide formique.	0.42	0.14	5 — 40
— acétique..... .	0.545	0.13	50 — 80

Les limites données pour l'alcool sont trop faibles pour que ces lois puissent être applicables pendant la rectification.

Condensateurs. — Les condenseurs sont destinés à liquéfier les vapeurs d'alcool qui s'échappent de l'alambic ou de la colonne. D'une manière générale, la quantité de vapeur condensée est proportionnelle à la surface du condensateur. Le liquide qui sert à refroidir est l'eau ou le vin. Dans ce dernier cas, on récupère une partie de la chaleur qui est emportée hors de la colonne par les vapeurs d'alcool.

La grandeur de la surface d'un condensateur dépend de la nature de la vapeur à liquéfier, de sa température, de la quantité qui doit être condensée dans l'unité de temps, de la chaleur transmise par la condensation de la vapeur et aussi du coefficient de transmission du métal du condensateur.

Soit P kilos de vapeur d'alcool à R° pondéraux à condenser par de l'eau à *t*°. L'alcool à R° renferme R d'alcool dont la chaleur de vaporisation est *c* et (P—R) d'eau dont la chaleur de

Digitized by Google

vaporisation est 537. La chaleur abandonnée au condensateur par P kil. d'alcool à R° est :

$$R \times c + (P - R) \times 537 = A$$

Il en résulte que la chaleur résultant de la condensation de 1 kil. d'alcool à R° est égale à $\frac{A}{537}$ de celle de l'eau.

3. Colonnes à distiller.

A. Appareils Savalle-Lepage.

Les appareils Savalle ont été construits dans un grand nombre de formes et de dimen sions. Aucun autre appareil n'a été plus répandu qu'eux en France, en Belgique et aux colonies.

Généralités. — Les appareils Savalle sont des appareils à colonne avec, en général, une faible rectification. Pour juger exactement de leur valeur, il faut partir d'un tout autre point de vue que celui qui a trait aux distilleries allemandes et analogues. Dans ces dernières on a cherché à obtenir le plus possible un alcool livrable directement à la consommation, c'est-à-dire un alcool à haut degré sans main-d'œuvre compliquée comme il convient aux industries agricoles. L'alcool produit est marchand, et lorsque la clientèle exige qu'il soit d'une grande pureté, on le fait épurer dans des raffineries spéciales.

En France et en Belgique, au contraire, et nous devons malheureusement reconnaître que ce reproche est toujours fondé pour la plupart des distilleries agricoles de betteraves, les distilleries sont autrement installées, et sont plutôt industrielles qu'agricoles ; elles produisent en général seulement des flegmes. Dans cet état l'alcool n'est pas consommable et ne peut être vendu qu'aux raffineries d'alcool qui l'amènent à l'état d'alcool marchand à haut degré. Les moûts distillés sont généralement légers et proviennent de la betterave, de la mélasse et de la vigne.

Les appareils Savalle sont très appropriés à ce genre de travail et considérés à ce point de vue, ils sont excellents, ils per-

Digitized by Google

mettent un travail régulier et certain en même temps qu'un épuisement complet du moût.

Ils ne sont nullement à comparer avec les appareils qui en

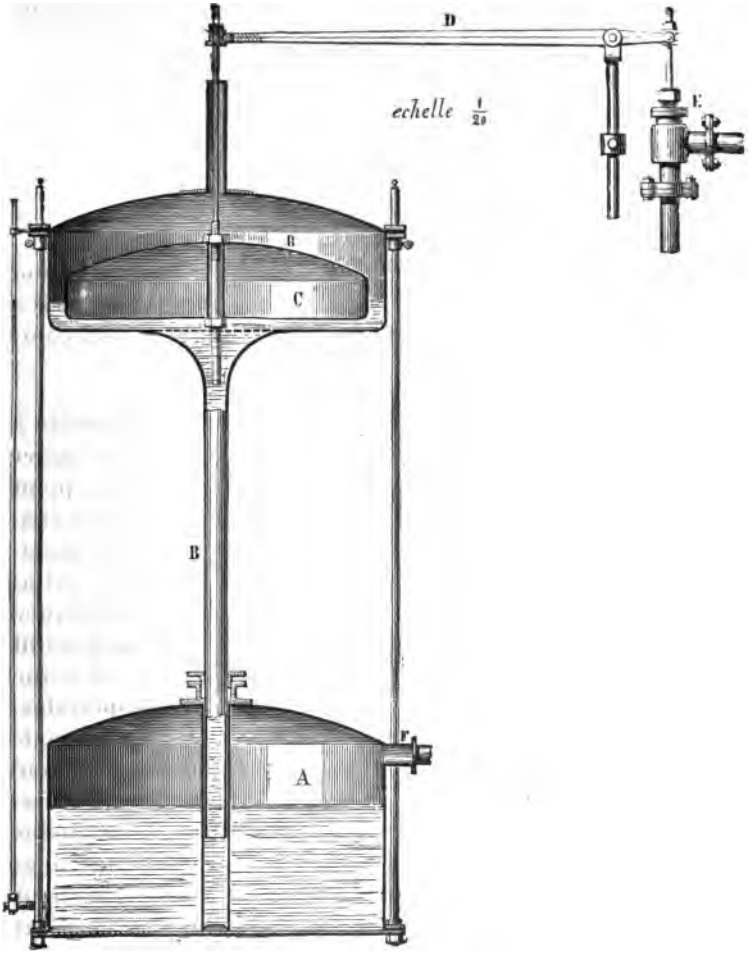


Fig. 77. — Régulateur Savalle.

une opération donnent de l'alcool à 80°, et pas davantage avec ceux qui donnent un produit à 94°, car leur but n'est pas de produire de l'alcool à haut degré. Nous ne prétendons pas que

Digitized by Google

ce but ne soit pas très légitime, car il est bien certain que l'alcool à haut degré, 94-95°, étant plus pur, est plus facile à épurer. Ce serait une erreur de demander aux appareils Savalle un alcool pur à haut degré ; pour cela il faudrait s'en servir d'une tout autre façon : soit en épuisant lentement les moûts, mais alors on s'écarterait du but principal qui est de traiter de grandes quantités de moût par unité de temps, soit en modifiant l'appareil, ce qui lui ferait perdre son caractère propre

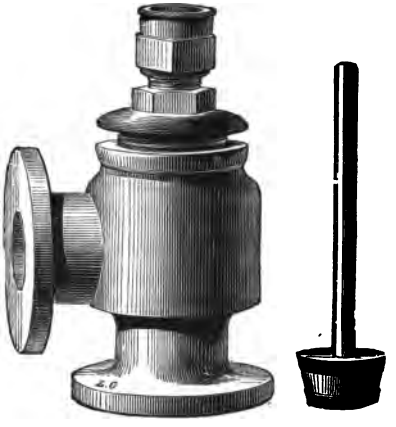


Fig. 78. — Détail du clapet.

Le travail lent est en désaccord avec le grand débit de ces appareils.

Les éléments ou plateaux consistent surtout en fonds perforés avec tuyaux de trop plein pour la rétrogradation. Il en résulte que chaque plateau est chargé d'une couche de liquide que la vapeur doit traverser, et que par la pression qu'elle exerce, elle maintient le liquide sur les fonds perforés et le traverse en passant en jets très fins par les trous.

Ce dispositif permet d'utiliser complètement la chaleur et de bien épuiser le moût; mais la contre-pression est assez élevée, et lorsque le dégagement de vapeur est trop vif, le liquide est pulvérisé et entraîné avec la vapeur.

Pour éviter cet inconvénient, Savalle a inventé un régulateur de pression, appareil tout à fait nécessaire et qui remplit bien le but de l'inventeur.

Digitized by Google

Les plateaux perforés conviennent très bien pour la distillation des moûts clairs ou très légers, mais ils ne peuvent servir pour le travail des moûts épais ou contenant de la drèche. Pour ceux-ci, il faut employer des plateaux spéciaux à larges dégagements.

Régulateur Savalle. — Cet appareil est représenté par la fig. 77. Autrefois la nécessité d'avoir dans les appareils une pression régulière faisait qu'on eut recours aux manomètres et on disposait la soupape de vapeur de telle sorte que l'indication du manomètre restât constamment fixe. Au lieu de ce système qui n'est pas exempt d'inconvénients, on se servit plus tard de la soupape auto-régulatrice. Le régulateur actuel consiste en un flotteur C qui agit par son poids sur le clapet d'une soupape E (*fig.* 77 et 78) et le soulève ou l'abaisse suivant sa position dans l'espace B. Par l'interposition d'un levier D, l'action du flotteur équivaut à un poids de 400 kilogrammes qui peut ainsi vaincre toutes les résistances mécaniques.

L'espace inférieur A du régulateur est rempli d'eau jusqu'à la hauteur du trop plein F. Par ce tube, F communique avec la boîte à vapeur de l'appareil à distiller, de manière que l'eau s'élève par B d'une quantité correspondante à la pression et entraîne avec elle le flotteur C et en même temps règle la soupape suivant la pression qui règne dans l'appareil à distiller.

Ce régulateur a donné ses preuves, il fonctionne très bien et a été plus ou moins copié par d'autres constructeurs. Le régulateur Savalle donne un coulage régulier de l'alcool, comme on peut s'en rendre compte en examinant le niveau calme de l'alcool dans le récipient.

Pour compléter la description du régulateur, faisons remarquer qu'en A se trouve un espace rempli d'air qui agit contre la pression comme un ressort ; que le réglage s'obtient exactement pour une variation d'un centimètre de hauteur ; enfin que la soupape est équilibrée pour ne recevoir qu'une pression donnée : par exemple pour 6 centimètres de diamètre ou 28 cm^2, la soupape ne reçoit la pression de la vapeur que sur 2 cm^2.

Comme la hauteur de la couche d'eau qui porte le flotteur

Digitized by Google

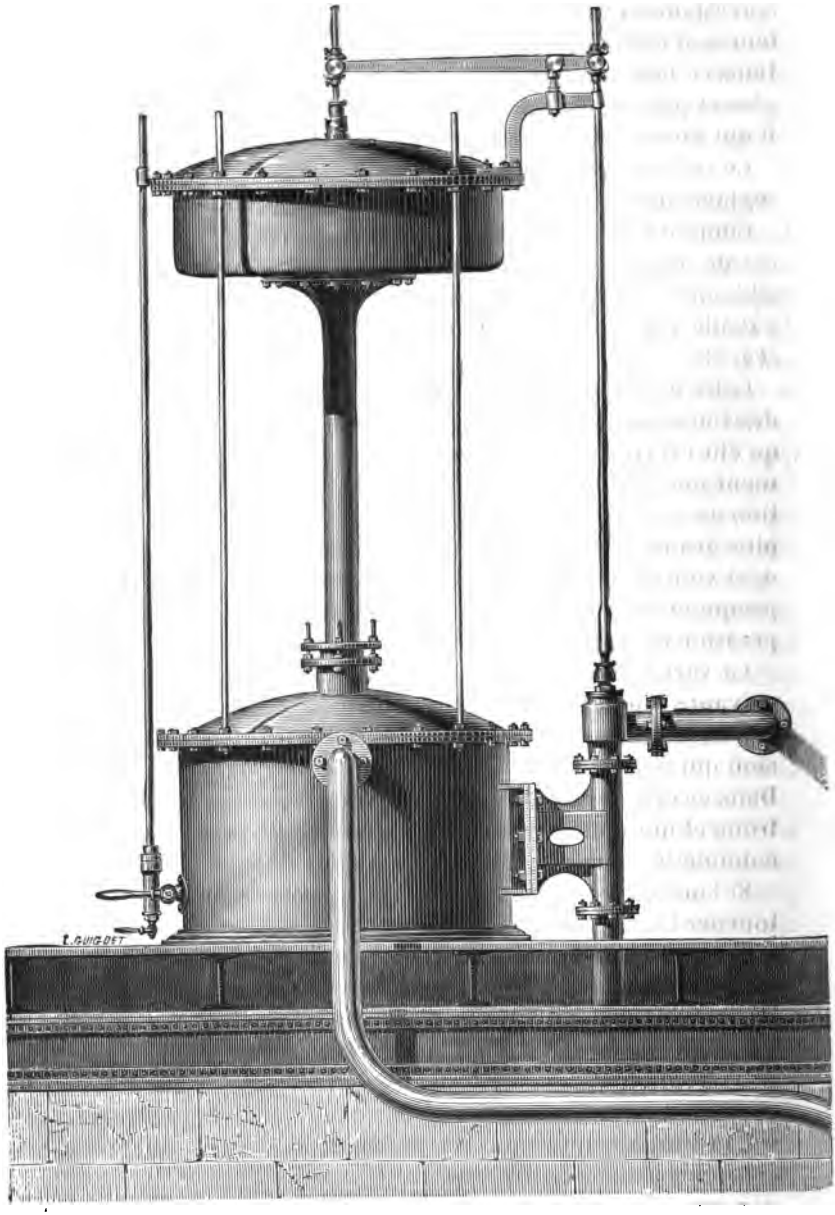


Fig. 79. — Régulateur Savalle-Lepage.

Digitized by Google

correspond à la pression qui règne dans l'appareil, cette hauteur doit être réglée pour la pression adoptée pour l'appareil. Dans ce but, toute la partie supérieure est mobile sur les tringles et permet d'allonger ou de raccourcir la partie A du tuyau B qui glisse dans un presse-étoupe.

Ce système est un peu incommode et exige chaque fois un réglage spécial de la soupape de vapeur.

Comme dans les appareils à distiller on est souvent dans le cas de modifier l'admission de vapeur, ce qui n'est alors possible que par un changement dans la pression du régulateur, Savalle a inventé dans ce but un régulateur à pression variable (*fig.* 79).

Cette disposition permet de donner au liquide qui se trouve dans le compartiment inférieur la hauteur qu'on désire. Lorsqu'elle est trop basse, le flotteur ne pourra être mis en mouvement que par une pression plus élevée. Par suite, l'introduction de vapeur sera plus grande, ce qui permet d'épuiser un plus grand volume de moût de même teneur en alcool ou un égal volnme de moût de richesse alcoolique plus grande. Réciproquement, à un niveau plus élevé du liquide correspond une pression de vapeur plus faible.

La variation du niveau du liquide est obtenue de la manière suivante : un fort cylindre en fonte communique en haut et en bas avec l'espace A (*fig.* 77). La communication avec la pression qui règne dans la colonne se fait au moyen d'un tuyau. Dans ce cylindre se trouve un tuyau en cuivre muni de deux trous et mobile par un écrou extérieur. Ce tuyau ramène à la colonne le liquide condensé.

Si l'on augmente la pression, on abaisse le tuyau en faisant tourner l'écrou, l'eau s'écoule par les deux trous indiqués et le niveau de l'eau baisse. Réciproquement, si l'on veut augmenter la pression, on visse le tuyau à la hauteur désirée et on laisse arriver l'eau dans l'espace supérieur B.

Pampe construit un régulateur analogue dont le niveau de l'eau dans la boîte inférieure peut-être réglé facilement et sûrement.

La figure 80 représente le régulateur Wauquier appliqué aux colonnes à distiller. La vapeur arrivant en A sort en B en traversant une soupape munie d'un levier L et d'un contrepoids M.

Digitized by Google

Le système de chauffage de la colonne communique par G avec une cloche R qui renferme un piston E, qui actionne le on trouve levier L.

Lorsque la pression monte dans le système de chauffage, D se lève et la soupape se ferme et régle aussi l'admission de la vapeur.

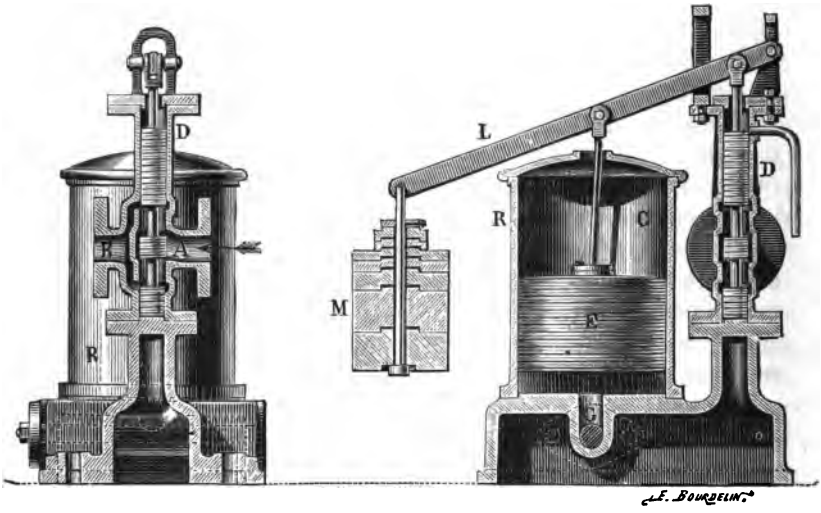


Fig. 80. — Régulateur Wauquier.

Réchauffeur. — Un autre caractère de l'appareil Savalle est le chauffage tubulaire du moût au lieu de l'injection directe de la vapeur. Les inconvénients de ce dernier système sont nombreux; Le chauffage au moyen d'un serpentin dans le bas d'une colonne n'est pas facile à employer, si l'on ne veut pas installer une chaudière latéralement. C'est pour cela que Savalle a installé un chauffage par surface au moyen d'un corps tubulaire.

Ce réchauffeur tubulaire est installé à côté de l'appareil, et se compose d'un tuyau de vapeur par lequel pénètre la vapeur qui vient du régulateur de vapeur et d un faisceau tubulaire noyé dans la vapeur, tandis que le moût ou plutôt la vinasse venant de la colonne passe dans les tubes. La vapeur est condensée et cette eau de condensation sert à l'alimentation des générateurs.

Digitized by Google

Un niveau permet de reconnaître la hauteur de la vinasse pour en régler l'introduction. La circulation de la vinasse bouillante est augmentée par le tuyau central plus large et sa vapeur se dégage dans la colonne.

Le corps de chauffage est facilement démontable. Il présente sur une chaudière à vinasse l'avantage d'être absolument continu et de donner une utilisation parfaite de la chaleur.

Colonne Savalle-Lepage rectangulaire. — Cette colonne est représentée fig. 81 et se construit en fonte ou en cuivre. Pour mettre cette colonne en marche, on emplit les réservoirs G et H avec le moût à distiller, puis le réfrigérant D d'eau froide et le chauffe-vin C avec le vin. En prolongeant le coulage on charge les plateaux de la colonne A de vin. On chauffe par barbotage ; au bout d'un certain temps l'alcool commence à couler à l'éprouvette E par le tuyau P. Le réglage de l'alimentation du vin se fait par le robinet 2. Quant à la vapeur, elle se règle d'elle-même par le régulateur F lorsque l'appareil est complètement en marche.

La colonne précédente donne des produits à bas degré 45 à 50°.

Pour obtenir un alcool plus fort on peut faire usage de la colonne représentée fig. 82 et qui donne des alcools à 90-93° G. L. — Ces appareils se construisent en cuivre ou en fonte. Ils sont rectangulaires et conviennent très bien pour les vins à 4.5-5 0/0 d'alcool.

B. Colonne Barbier.

L'appareil à distiller construit par M. Barbier est l'appareil à colonne à étoiles du système Champonnois, répandu dans la distillerie agricole, et auquel il a apporté certains perfectionnements (fig. 83).

Le chauffage de la colonne par la vapeur est à retour direct au générateur, pour la plus grande économie possible du combustible ; l'eau condensée rentrant seule au générateur a une température légèrement inférieure à celle qui l'a produite. Ce chauffage s'opère dans un système tubulaire placé à la partie inférieure de l'appareil.

Digitized by Google

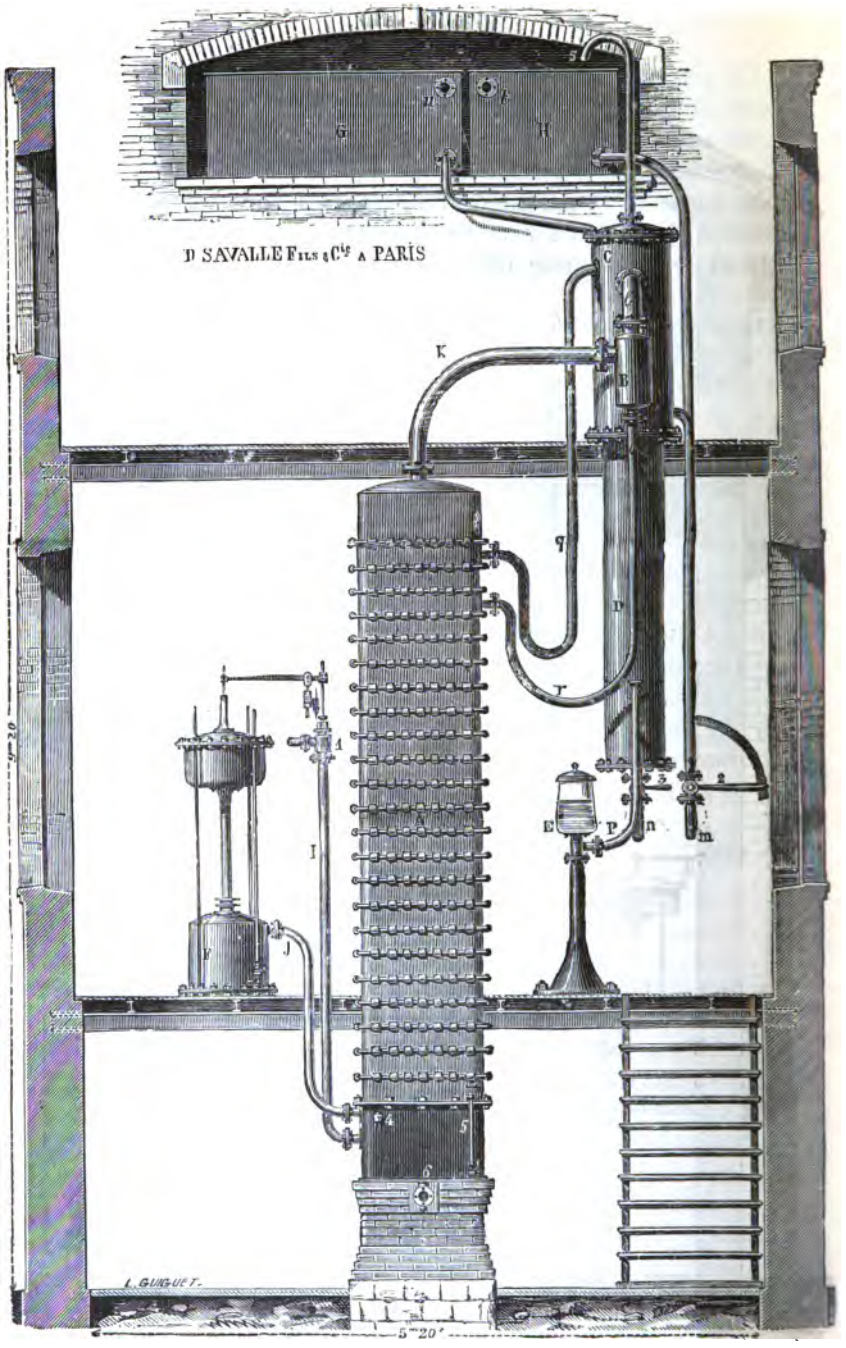


Fig. 81. — Colonne Savalle-Lepage, rectangulaire, a bas degré.

Digitized by Google

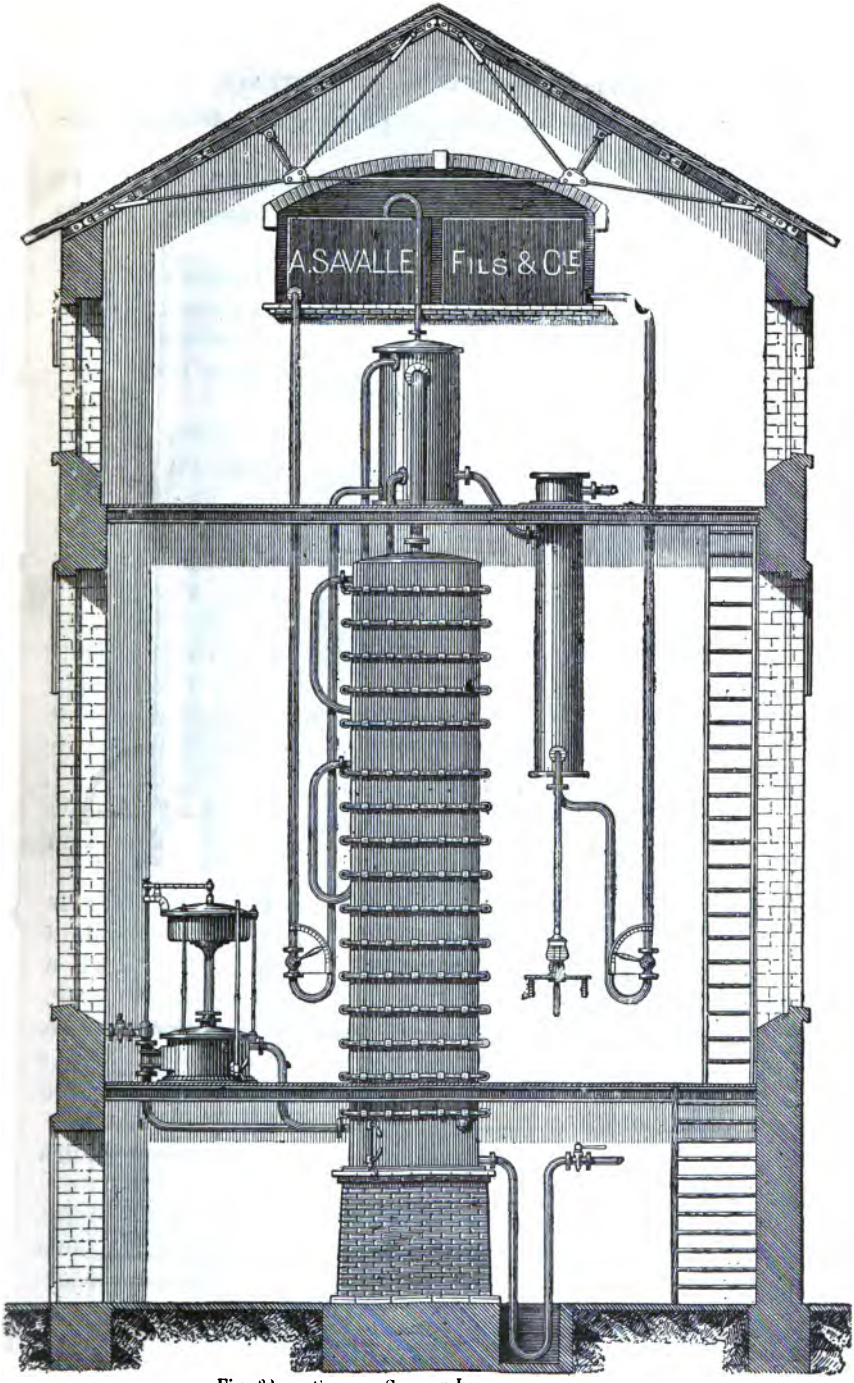


Fig. 82. — Colonne Savalle-Lepage a haut degré

Digitized by Google

Tous les tubes sont amovibles et peuvent être démontés séparément ou remplacés facilement.

Ce démontage se fait simplement en enlevant les plaques ou coquilles-couvercles qui appuient sur des bagues en caoutchouc formant joint.

Le nombre des plateaux de distillation a été augmenté pour assurer un épuisement complet même de vins riches.

Le chauffe-vin, à tubes plats analyseurs, est à rétrogradation complète, il est muni d'une hausse en cuivre épais pour éviter l'usure rapide du faisceau tubulaire.

L'addition d'un serpentin à axe horizontal, placé dans la rehausse du chauffe-vin et dans lequel circule un courant d'eau froide, augmente l'analyse de l'alcool en produisant la condensation des parties plus lourdes du produit qui distille, condensation qui retourne à la colonne en passant par des plateaux de distillation dits de rétrogradation, et amène à l'éprouvette des flegmes de degré plus élevé.

L'ouvrier distillateur, ayant sous la main le robinet d'alimentation de ce serpentin, règle le passage de l'eau froide d'après le degré qu'il veut obtenir à l'éprouvette. On obtient ainsi des flegmes pouvant aller à 85° avec une dépense d'eau et de combustible presque insignifiante.

Une importante économie de combustible est encore réalisée par l'emploi du *Récupérateur de la chaleur perdue des vinasses* au profit du vin à distiller.

Dans la plupart des installations de distilleries agricoles, la condensation de l'alcool est produite par le vin à distiller dont la temdérature, grâce aux moyens de réfrigération dont il a été parlé plus haut pour les jus, ne dépasse jamais 28 à 29°.

Les vins sortant du réfrigérant sont donc déjà élevés en température,ils passent ensuite dans le *réchauffeur* ou appareil tubulaire où ils sont réchauffés encore au contact de la vinasse avant son envoi aux *macérateurs-diffuseurs*.

Ils empruntent à cette dernière un excès de température voisine de celle de la distillation.

Cependant, pour amener les flegmes à une température plus basse que celle des vins fermentés, M. Barbier a disposé, sous le réfrigérant alimenté par le vin, un petit réfrigérant à ser-

Digitized by Google

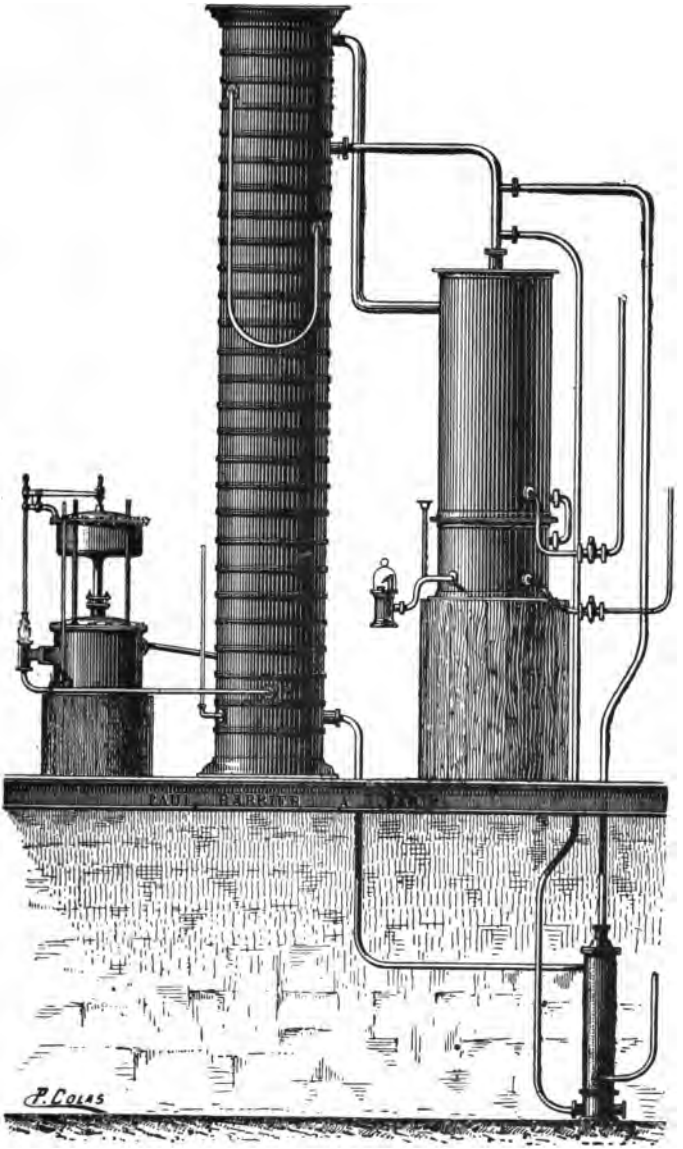


Fig. 83. — Colonne Barbier

Digitized by Google

pentin, alimenté à l'eau et dans lequel les flegmes se refroidissent avant de couler à l'éprouvette.

La régularité de l'alimentation en vin de l'appareil à distiller est assurée par un petit bac, dit bac compensateur, recevant, au moyen d'un flotteur, le liquide du grand bac de l'usine et assurant ainsi une charge constante sur le robinet d'alimentation, et de là, un débit constant.

Régulateur de vapeur. — Le chauffage à la vapeur est régularisé soit par le régulateur Savalle, soit par le régulateur Becker plus simple et plus constant; mais depuis plusieurs campagnes, Barbier a appliqué à la sortie de la vapeur alcoolique de la colonne, un thermomètre métallique spécial d'une longueur d'environ 3 mètres et dont le cadran, ramené ainsi sous l'œil du distillateur, permet de contrôler avec une sûreté absolue la marche de l'appareil à distiller.

C. Colonne a distiller Wauquier.

La figure 84 représente les dispositions d'une colonne à distiller les vins de betteraves, avec ses satellites, telle que l'installe habituellement la maison E. Wauquier et fils, de Lille, pour produire des flegmes à environ 50°.

L'examen de cette gravure permet de se rendre compte que les vins sont d'abord réchauffés par les vinasses dans un cuvier placé en contre-bas et à côté de la colonne, cuvier qui sert en même temps de siphon pour l'écoulement libre des vinasses.

De là ces vins traversent un chauffe-vins tubulaire en passant à l'intérieur des tubes, tandis que les vapeurs alcooliques sortant de la colonne à distiller circulent à l'extérieur.

Les vapeurs condensées rétrogradent dans le haut de la colonne et les vapeurs alcooliques non condensées vont au réfrigérant tubulaire.

A la sortie du chauffe-vins, les vins rentrent dans la colonne à distiller, quelques plateaux plus bas que la rétrogradation.

Le fonctionnement normal est assuré par un régulateur de vapeur à flotteur.

La colonne d'épuisement, ronde, en fonte ou en cuivre, est formée de plateaux à calottes ; ces plateaux diffèrent sensiblement de ceux précédemment employés.

Digitized by Google

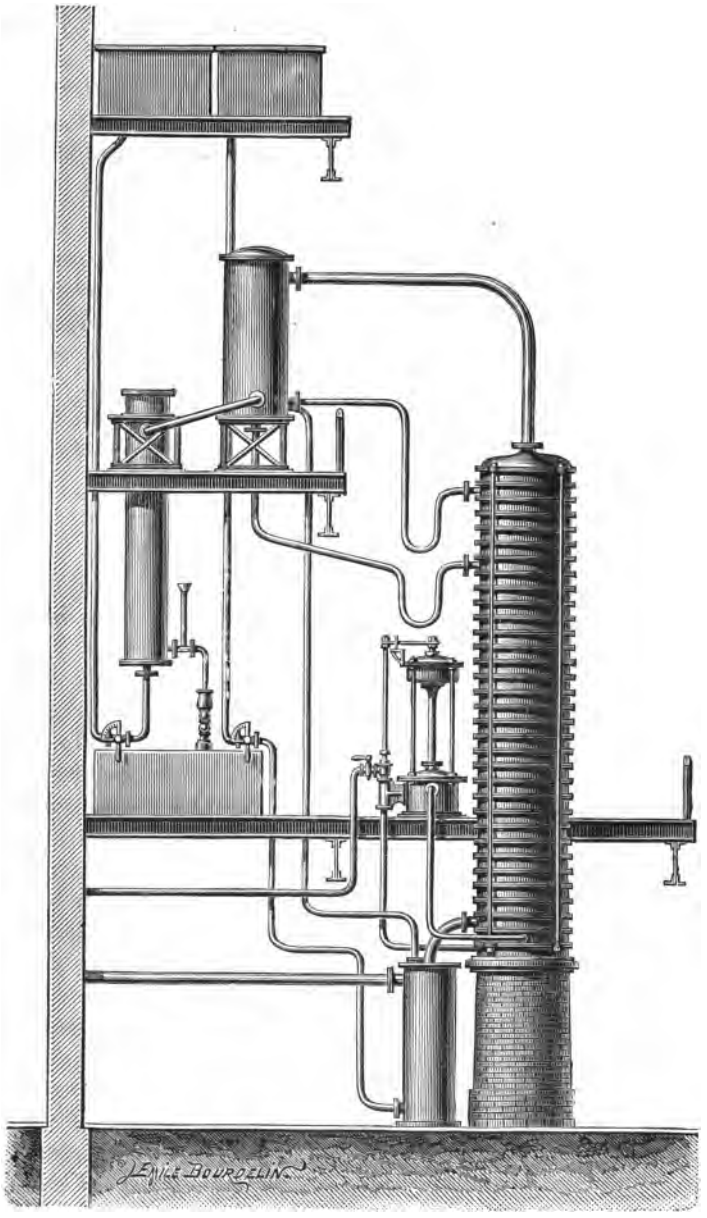


Fig. 84. — Colonne Wauquier.

Digitized by Google

Les calottes sont en assez grand nombre sur chaque plateau, et disposées de telle façon que le vin descendant d'un plongeur ait en tous les points le même chemin à parcourir entre les calottes pour sortir par le trop-plein.

Les trop-pleins ont de très grandes dimensions, de façon que le liquide puisse s'écouler facilement sans surélévation du niveau sur le plateau.

D. Colonne de la Société anonyme de construction mécanique de Saint-Quentin.

Cette colonne comprend :

1° Une chaudière à distiller, en cuivre, avec brides en fer, reposant sur un socle en fonte. Cette chaudière est munie d'un serpentin en cuivre, d'une soupape de retour d'eau, d'un robinet de niveau, d'une porte de trou d'homme, d'un reniflard, d'un thermomètre à colonne ou à cadran, d'un siphon d'écoulement des vinasses pour rendre l'appareil continu, et d'un robinet de vidange.

Les corps de chaudières se font également en tôle de fer ou en fonte.

2° Une colonne, pour l'analyse des vapeurs alcooliques, formée de tronçons en cuivre, assemblés à l'aide de pinces ou serres en fer. A l'intérieur de la colonne sont placés des diaphragmes munis de calottes, de tuyaux de trop plein, et d'orifices pour dégagement de vapeurs. L'ensemble de ces dispositions donne un bon lavage des vapeurs alcooliques qui se dégagent de la chaudière.

3° Un brise-mousses, interposé entre la colonne et le chauffe-vin ci-après ; ce vase intermédiaire assure une rétrogradation parfaite des vapeurs qui, entraînées à la partie supérieure de la colonne, n'ont pas assez de force alcoolique pour s'élever au condenseur, et retournent dans la colonne pour s'y enrichir donnant ainsi une marche continue des appareils.

4° Un chauffe-vin tubulaire, en cuivre, avec tubes laiton, et plaques tubulaires bronze, reposant sur un socle en fonte. Le vin à distiller qui doit alimenter la colonne et la chaudière traverse d'abord de bas en haut le faisceau tubulaire à l'intérieur des tubes, tandis que les vapeurs alcooliques sortant de la

Digitized by Google

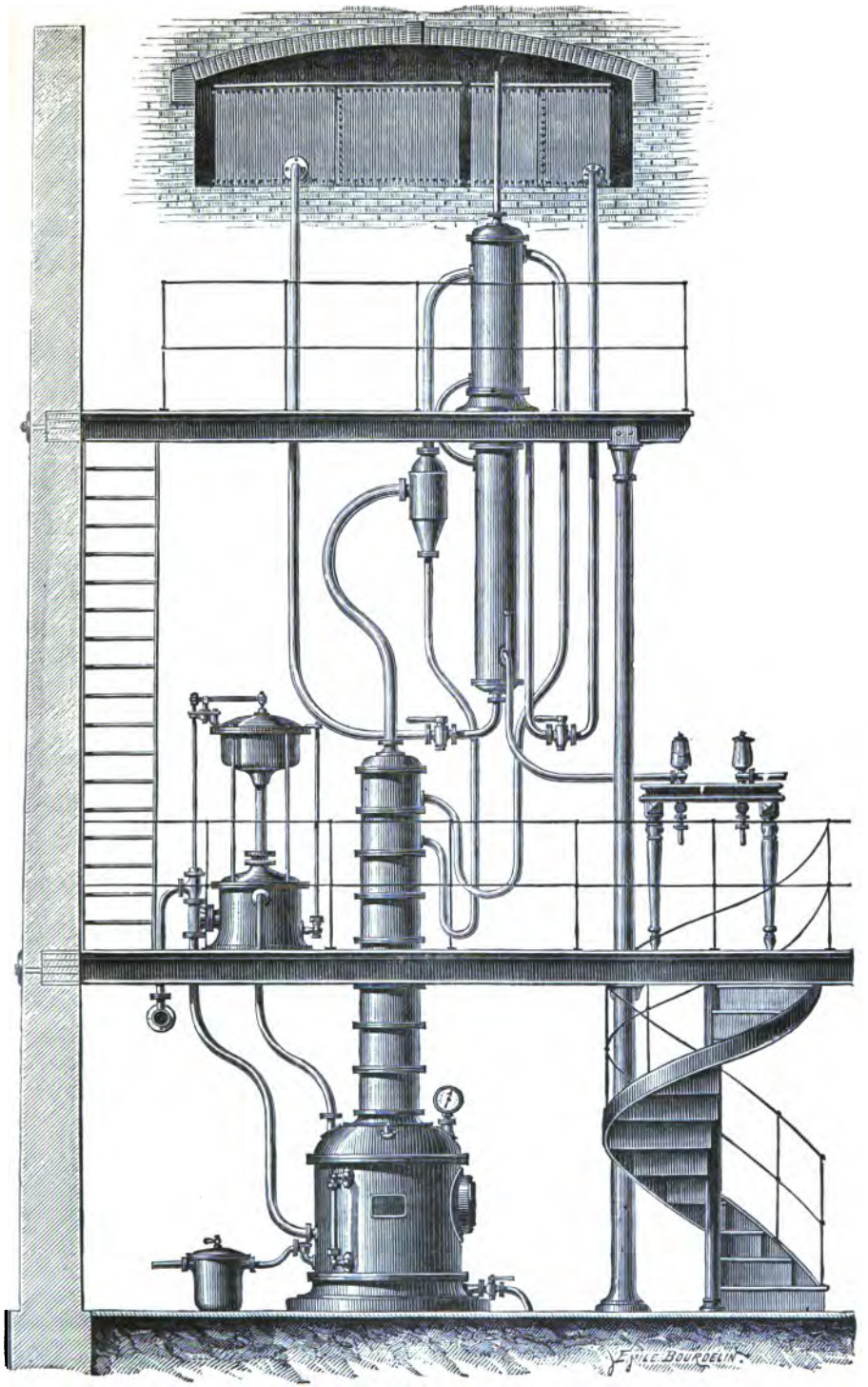


Fig. 85. — Colonne de la Société anonyme de constructions mécaniques de Saint-Quentin.

Digitized by Google

colonne suivent une marche inverse entre les tubes. Ces vapeurs en se condensant en partie, élèvent la température des vins à distiller, et diminuent d'autant la dépense de vapeur du serpentin de la chaudière.

5° Un réfrigérant tubulaire, en cuivre, avec tubes laiton, et plaques tubulaires, en bronze, fixé au socle du chauffe-vin. La partie du faisceau comprise entre les tubes est mise en communication avec la partie semblable du chauffe-vin ; des chicanes en cuivre sont disposées à l'intérieur, afin qu'à l'extrémité du parcours des vapeurs alcooliques leur condensation soit complète. Cette condensation s'obtient au moyen d'une circulation d'eau froide en sens inverse de la marche des vapeurs, et à l'intérieur des tubes.

6° Un régulateur pour l'alimentation de vapeur de la chaudière à distiller. Le socle de ce régulateur est en fonte ou en cuivre, la partie supérieure ainsi que le flotteur intérieur sont en cuivre ; la colonne comprend, en outre, soupape de vapeur avec clapet équilibré, les supports, tringles et leviers pour manœuvre automatique de cette soupape, un niveau d'eau avec tube en verre.

4. Analyse de la vinasse.

L'analyse de la vinasse se borne au dosage de l'alcool, du sucre non fermenté et de l'acidité.

Alcool. — L'alcool se dose par un des divers procédés mentionnés au chapitre Alcoométrie sur un demi-litre et en recueillant 100 cm^3. Le produit de la distillation est versé dans une éprouvette. On en prend le degré alcoométrique et le chiffre trouvé est divisé par 5 pour ramener à la concentration primitive.

Le degré alcoolique de la vinasse doit être aussi faible que possible et s'approcher de zéro.

Il faut avoir soin de neutraliser la vinasse par du carbonate de soude pour éviter la distillation des acides volatiles.

Sucre. — Pour doser le sucre on neutralise 100 cm^3 par du carbonate de soude jusqu'à réaction alcaline. On ramène à l'acidité par quelques gouttes d'acide acétique, on clarifie au sous-acétate de plomb et on complète à 100 cm^3. On dose

Digitized by Google

le glucose sur le liquide filtré au moyen de la liqueur cuivrique par un des procédés indiqués à l'analyse des moûts. On ramène par le calcul au volume primitif de vinasse.

Acidité. — On procède comme pour le moût fermenté.

Densité. — La densité se prend comme pour les jus de betteraves. Cette densité est très faible et diffère peu de 1.000. La vinasse ne renferme plus, outre très peu de sucre non fermenté, que les matières salines et organiques de la betterave et l'acide ajouté avant la fermentation.

Quantité de vinasse. — La quantité de vinasse se compose des éléments suivants :

Moût produit moins flegme; si l'on voulait être exact, il faudrait tenir compte de la matière organique transformée en acide carbonique et se reporter à l'équation de Pasteur.

Autres éléments. — La vinasse n'a aucune valeur alimentaire et elle est plutôt un encombrement pour les distilleries. Celles-ci sont obligées de l'employer en irrigations avant de l'envoyer dans les cours d'eau.

Les autres éléments renfermés dans la vinasse sont : les matières salines, organiques et azotées, la glycérine, les graisses.

Nous renvoyons aux ouvrages plus complets pour le dosage de ces substances qui ne rentrent pas dans le contrôle chimique journalier d'une distillerie.

La vinasse renferme, d'après Hannicotte, les quantités suivantes de matières utiles :

Par hectolitre :

17 grammes azote.
380 — potasse.
66 — acide phosphorique.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

EPURATION ET AFFINAGE DE L'ALCOOL

1. Généralités.

L'alcool obtenu par l'un quelconque des procédés que nous venons de passer en revue ne peut être que d'un emploi restreint.

Les flegmes à bas degré obtenus par la plupart des procédés de distillation continue dans les distilleries françaises sont trop chargés d'impuretés pour être consommés directement. L'alcool à haut degré est beaucoup plus pur et peut être livré directement à la consommation; mais, d'une manière générale, cet alcool relativement pur est soumis, lui-même, à une épuration ou affinage qui le rend propre à tous les usages.

Avant de passer à la description de l'affinage de l'alcool, il est nécessaire de passer en revue la série des impuretés qui souillent l'alcool brut et leurs propriétés.

Les matières odorantes desquelles dépendent en partie l'odeur caractéristique et la saveur des divers produits fermentés sont, en général, des liquides dont le point d'ébullition est supérieur non seulement à celui de l'alcool, mais encore à celui de l'eau, c'est-à-dire que ces corps sont moins volatils que l'alcool et l'eau.

Les produits étrangers de l'alcool brut sont désignés sous le nom collectif d'huiles de fusel, mauvais goût de tête et de queue. Au point de vue chimique l'huile de fusel est l'alcool amylique de fermentation (isobutylcarbinol).

Abstraction faite de l'eau et de l'alcool éthylique qui bout à 78°, l'alcool brut renferme encore les matières suivantes :

Aldéhyde acétique qui bout à.....	21° C
Alcool propylique.....	97°
— isopropylique.....	85°

Digitized by Google

Alcool butylique	115° C
Acétate d'éthyle	74°
Butyrate d'éthyle	112°
Acétal	104°
Alcool amylique	132°
— isobutylique	109°
— isoamylique	120°
Furfurol	166°
Caproate d'éthyle	166°
Caprate d'éthyle	244°
Caprylate d'éthyle	208°
Formiate d'éthyle	36-38°
Acétate de méthyle	58°
Acétone	58°
Méthyléthylacétone	81°
Aldéhyde isovalérique	92°5
Acide butyrique	112°
Formiate d'amyle	116°
Méthylpropylcarbinol	118°5
Alcool amylique actif	127°
Acétate d'amyle	133°
Alcool amylique normal	137°
Alcool hexylique	150-152°
Acide nonylique	176-178°
Ammoniaque	gaz
Ethylamine	18°7
Ether ordinaire	34°8
Aldéhyde propionique	48°7
— isobutyrique	62°
Alcool méthylique	66°

L'alcool de betterave renferme, en outre, des bases de la nature des alcaloïdes, c'est-à-dire de l'ammoniaque, des amines et des bases pyridiques. Ces dernières s'y trouvent souvent en quantités considérables et nuisibles.

On rencontre parfois également dans les alcools les corps suivants :

Hydrogène sulfuré, acide azoteux, vanilline, en général; des oxydes métalliques. La coloration foncée de l'alcool provient de cette dernière impureté.

Un coup d'œil sur le tableau ci-dessus nous fera voir la grande différence entre les points d'ébullition des différents

Digitized by Google

éléments contenus dans les flegmes ; on y trouve des corps plus volatils ou moins volatils que l'alcool éthylique. La rectification a pour but de les séparer de l'alcool.

On ne peut y parvenir par une seule distillation dans les appareils ordinaires, car la séparation quantitative complète de deux corps est d'autant plus difficile qu'ils ont des points d'ébullition plus rapprochés et qu'ils sont plus complètement miscibles physiquement.

Prenons, par exemple, deux liquides miscibles, *a* avec point d'ébullition peu élevé et *b* avec point d'ébullition très élevé. Par une distillation on n'obtiendra pas d'abord la totalité de *a*, pas la totalité de *b*. On obtient au contraire un liquide dont les premières fractions se composent de petites quantités de *a*, ensuite un mélange composé principalement du liquide *a* avec quelques parties de *b*. Si l'on continue la distillation on obtiendra, en outre de *a*, des quantités de plus en plus grandes de *b* jusqu'à ce que *b* domine seul.

Il en résulte, comme nous l'avons dit ci-dessus, qu'une seule distillation ne suffit pas pour produire immédiatement de l'alcool fin ; il faut pour cela plusieurs distillations qu'on réalise dans les appareils à rectifier où les vapeurs sont condensées dans la colonne et le condenseur.

La question de la formation des alcools supérieurs, des huiles de fusel, pendant la fermentation est très intéressante ; malheureusement on ne possède encore que des données insuffisantes pour la résoudre.

Il est hors de doute que les matières premières exercent elles-mêmes une certaine influence sur la formation des huiles de fusel. Car, comment expliquer sans cela la raison pour laquelle les huiles de fusel du vin, des fruits, etc., présentent des qualités toutes différentes de celles du fusel de pommes de terre, de maïs et de mélasse ?

Dans le premier cas, les huiles de fusel ont une odeur et une saveur agréables, tandis que les moûts préparés avec les matières premières citées en dernier lieu dans l'ordre ci-dessus fournissent un produit alcoolique d'une odeur répugnante. Aussi est-il facile, avec un peu de pratique, de déceler l'origine d'un alcool brut par un simple examen olfactif.

La levure elle-même semble n'être pas étrangère à la for-

Digitized by Google

mation des mauvais goûts. Nous savons par la culture des levures pures et leur emploi dans la pratique industrielle, que certaines races donnent par la fermentation des produits de qualité constante. Ainsi, par exemple, *le saccharomyces ellipsoïdeus* donne le bouquet de fruit et le *saccharomyces pastorianus I* donne à la bière le goût amer, etc.

Si nous ajoutons que les différentes bactéries prennent également une part dans la formation des huiles de fusel par les fermentations secondaires qu'elles déterminent, nous pouvons espérer que l'introduction des levures pures en distillerie donnera lieu à des recherches approfondies sur la pureté des alcools produits par ces levures, recherches qui jetteront un peu de lumière sur cette question encore si peu étudiée de l'origine des huiles de fusel.

La nature de la fermentation influe également sur la formation des huiles de fusel, dont la quantité augmente avec la température de la fermentation.

Enfin, la construction des appareils distillatoires n'est pas sans exercer une influence sur la composition de l'alcool brut. Une pression élevée dans l'appareil à distiller, le séjour prolongé des vapeurs dans le rectificateur et le déflegmateur, sont certainement la cause de transformations intimes dont résulte une augmentation de fusel.

Il est donc hors de doute que dans les appareils à distiller qui fournissent de l'alcool à 97°, celui-ci est aussi plus pur et d'une plus grande valeur pour la raffinerie.

2. Théorie de la rectification

Les appareils à rectifier, de même que les colonnes à distiller, sont très variés dans leur construction. Mais, en principe, ils se composent tous d'une grande chaudière sur laquelle est disposée la colonne de rectification. Sur cette dernière, et en général latéralement, se trouve un déflegmateur. L'alcool qui s'y condense rétrograde dans la colonne tandis que les produits à l'état de vapeur quittent le déflegmateur pour se condenser dans le réfrigérant et sortir par l'éprouvette.

La marche des appareils de rectification n'est pas continue et ne peut l'être, sauf pour des appareils spéciaux dont nous

Digitized by Google

parlerons plus loin, parce que la rectification est une distillation fractionnée dans laquelle il faut recueillir à part des produits de tête et de queue.

Comme le fractionnement est d'autant meilleur et plus économique que la quantité d'alcool contenu dans la chaudière est plus considérable, on donne à ces chaudières de grandes dimensions et le travail dure parfois de un à deux jours. L'alcool, avant la rectification, est en général dilué à 45-50°, car si l'on rectifiait l'alcool brut sans le diluer on obtiendrait une grande quantité de mauvais goûts de tête et le rendement en alcool fin serait beaucoup plus faible en qualité et en quantité.

Les produits de la rectification sont : *les mauvais goûts de tête*, *le bon goût* et *le mauvais goût de queue*.

La première partie qui coule (les mauvais goûts de tête) contient de l'alcool éthylique et les matières étrangères qui entrent en ébullition à une basse température, notamment l'aldéhyde. Le bon goût est précédé du moyen goût, suivi lui-même de l'alcool de cœur qui, à son tour, est suivi de nouveau du bon goût et du moyen goût.

En raison des dangers d'incendie, le chauffage direct de la chaudière du rectificateur par foyer est complètement à rejeter, du moins pour les alcools à haut degré. La distillation par introduction de vapeur directe dans la chaudière serait peu recommandable par suite de la dilution ; c'est pourquoi on dispose dans la chaudière un serpentin fermé ; lorsqu'elle est très grande, on emploie deux serpentins superposés qui servent simultanément lorsque la chaudière est suffisamment pleine ; on évite encore l'injection de vapeur directe afin de prévenir les moindres variations de pression.

Pour l'épuisement de la colonne et du déflegmateur on se sert également d'une conduite de vapeur. D'après la construction de la colonne, on distingue en général deux genres d'appareils à rectifier : Dans l'un la colonne est munie de capsules et de calottes, dans l'autre on utilise les plateaux perforés de Savalle.

Dans ce qui suit nous donnerons la description de plusieurs appareils de l'un et l'autre genres, mais avant nous donnerons la théorie de la rectification.

Digitized by Google

La théorie de la rectification, il faut bien le dire, n'est pas encore arrivée à une perfection complète si l'on en juge par les discussions nombreuses auxquelles elle a donné naissance et qui, si elles nous ont fait connaître quelques points obscurs de cette importante question n'ont pas encore fait de la théorie de la rectification un édifice complet indiscuté.

Il existe en effet trois théories des appareils à rectifier, quatre même, si l'on admet celle de certains constructeurs allemands, celles de Sorel, de Barbet et de Perrier, toutes différentes les uns des autres et qui s'appliquent toutes trois à des appareils différents, par leur principe et leur fonctionnement.

Nous examinerons successivement ces trois théories, tout en les résumant, d'après l'exposition que leurs auteurs ont bien voulu nous en faire.

Théorie de Sorel. — Sorel a plus spécialement étudié les appareils Savalle.

Il considère un mélange de trois corps, l'alcool, l'eau et les impuretés, celles-ci n'existant qu'en très petite quantité σ.0/0 dans les vapeurs et s 0/0 en poids dans le liquide et il pose la relation.

$$\sigma = Ks$$

La valeur du coefficient K variera dans de grandes limites pour chaque composition du liquide et croîtra en même temps que la teneur du liquide en alcool décroîtra. On aura $K > 1$ pour les alcools concentrés et $K < 1$ pour les liquides alcooliques.

Si l'on suppose un courant ascendant de vapeurs alcooliques dans une colonne, ces vapeurs se condenseront dans un condenseur et rétrograderont dans la colonne, mais cette rétrogradation, si les vapeurs ne se condensent qu'en partie, sera plus riche que le liquide initial en ébullition. Il arrivera un moment où il s'établira un équilibre de température entre les vapeurs ascendantes et le liquide de rétrogradation, sur chaque plateau.

En ce qui concerne les impuretés, par suite de leur faible quantité, la loi précédente ne s'appliquera pas exactement par suite de la solubilité de ces impuretés dans les vapeurs et les liquides alcooliques.

Digitized by Google

Sorel a établi une relation dont voici les éléménts :

Soient :

A = Le poids d'alcool concentré rentrant par unité de temps dans la colonne,

S taux p. 100 d'une impureté dans l'alcool à rectifier,

E poids d'alcool allant à l'éprouvette dans l'unité de temps,

S taux 0/0 de la mème impurete à l'éprouvette,

P_n le poids de liquide passant du plateau *n* au plateau $n+1$.

S_n le taux p. 100 de l'impureté de ce liquide,

K_n la valeur de K pour le plateau *n*.

V_n le poids de vapeurs passant du plateau *n* au plateau $n-1$.

σ_n le taux d impureté de cette vapeur.

On a :

$$S^n = \frac{V_{n+1}}{P_n} K_{n+1} S_{n+1} - \frac{E S}{P_n}$$

et

$$S^{n-1} = \frac{V_n}{P_{n-1}} K_n S_n - \frac{E S}{P_{n-1}}$$

etc.

En faisant la différence de ces deux fonctions, on trouve que la différence des titres de deux plateaux successifs varie en progression géométrique, dont la raison est $K \frac{V}{P}$ L'allure de la colonne à rectifier dépend de ce facteur.

L'étude du facteur $K \frac{V}{P}$ montre que plus K est grand, plus il passera d'impuretés à l'éprouvette, tandis que lorsque K diminuera, le titre décroîtra très rapidement à mesure qu'on s'éloignera du condenseur.

Les conclusions auxquelles Sorel est arrivé par l'étude analytique des relations exprimées plus haut, sont que :

Le titre croît lentement d'un plateau à l'autre en progression arithmétique et ce, d'autant plus lentement que la concentration est plus grande.

Plus le degré est élevé dans la colonne et moindre est la différence entre le titre de l'alcool à l'éprouvette et le titre de la rétrogradation. Avec certaines impuretés, le taux p. 100 va en croissant au fur et à mesure qu'on s'élève dans les plateaux

Digitized by Google

et pour chaque impureté, il existe une valeur de la concentration qui la laisse passer comme s'il n'existait pas de colonne. Cette valeur est de $K \frac{V}{p} = 1$.

Mais ces conditions changent avec le degré de l'alcool de la rétrogradation et certains corps jouent alternativement le rôle de produits de tête et de queue. Il en résulte que ces produits finissent par se localiser dans une région déterminée de la colonne d'où l'on pourra les extraire. Dans le cas où l'extraction ne se ferait pas, le coulage de la colonne serait bientôt souillé par ces produits.

Ce phénomène se produit à la fin de l'opération dans les rectificateurs discontinus, à moins qu'on ne fasse comme dans les rectificateurs continus des extractions d'huiles amyliques.

Sorel limite la zone dangereuse au plateau dont l'alcool titre 94°. Lorsque la zone dépasse ce plateau, l'alcool recueilli n'est plus pur et les moyens goûts de queue commencent.

En résumé l'épuration d'un alcool ne dépend point du point d'ébullition de ses impuretés, mais de la solubilité des vapeurs des impuretés dans l'alcool concentré et du nombre de plateaux renfermant de l'alcool concentré.

La solution du problème dépendra donc du nombre de ces plateaux.

3. Colonnes discontinues.

A. Rectificateur de Savalle Lepage.

Le rectificateur Savalle est représenté par la figure 86. A est la chaudière chargée par l'alcool du bac I. Le régulateur de vapeur E commande le serpentin fermé de la chaudière.

La colonne de rectification B est formée de fonds perforés reliés par des trop-plein de rétrogradation.

C est le condensateur ou déflegmateur.

D est le réfrigérant avec l'éprouvette F.

H est le bac à eau.

Savalle a plus récemment perfectionné la construction de sa colonne (fig. 87). L'alcool obtenu est plus fin et permet une

Digitized by Google

économie de combustible de 30 0/0 par rapport aux colonnes anciennes.

La chaudière est soit en cuivre, soit en fer, mais la colonne est toujours en cuivre.

Dans cet appareil les lettres représentent les organes suivant :

A Chaudière en cuivre contenant l'alcool à rectifier.
B Colonne rectangulaire.
C Condenseur.
D Réfrigérant.
E Régulateur à vapeur.
F Eprouvette.
G Réservoir à eau froide.
H — flegmes.
I Tuyau de pression.
J Pompe à eau.
m Tuyau de vapeur d'échappement de la machine allant au serpentin.
n Sortie des huiles.
o Tuyau de charge de la chaudière.
t — vapeur directe allant au serpentin.
1. Soupape de vapeur.
2. Sortie de condensation de vapeur directe.
3. Sortie de condensation de vapeur d'échappement de la machine.
4. Robinet à 3 eaux pour la charge et la vidange de la chaudière.
5. Robinet de vidange.
6. Robinet de lavage de la colonne.

B. Rectificateur Wauquier.

La figure 88 montre l'ensemble d'un appareil de rectification discontinu, construction E. Wauquier et fils.

L'ensemble extérieur de cet appareil est celui adopté généralement par tous les constructeurs.

Nous devons cependant] signaler que dans les rectificateurs fabriqués chez E. Wauquier et fils, la rigidité des fonds fait l'objet de soins tout particuliers et cela a, en effet, une impor-

Digitized by Google

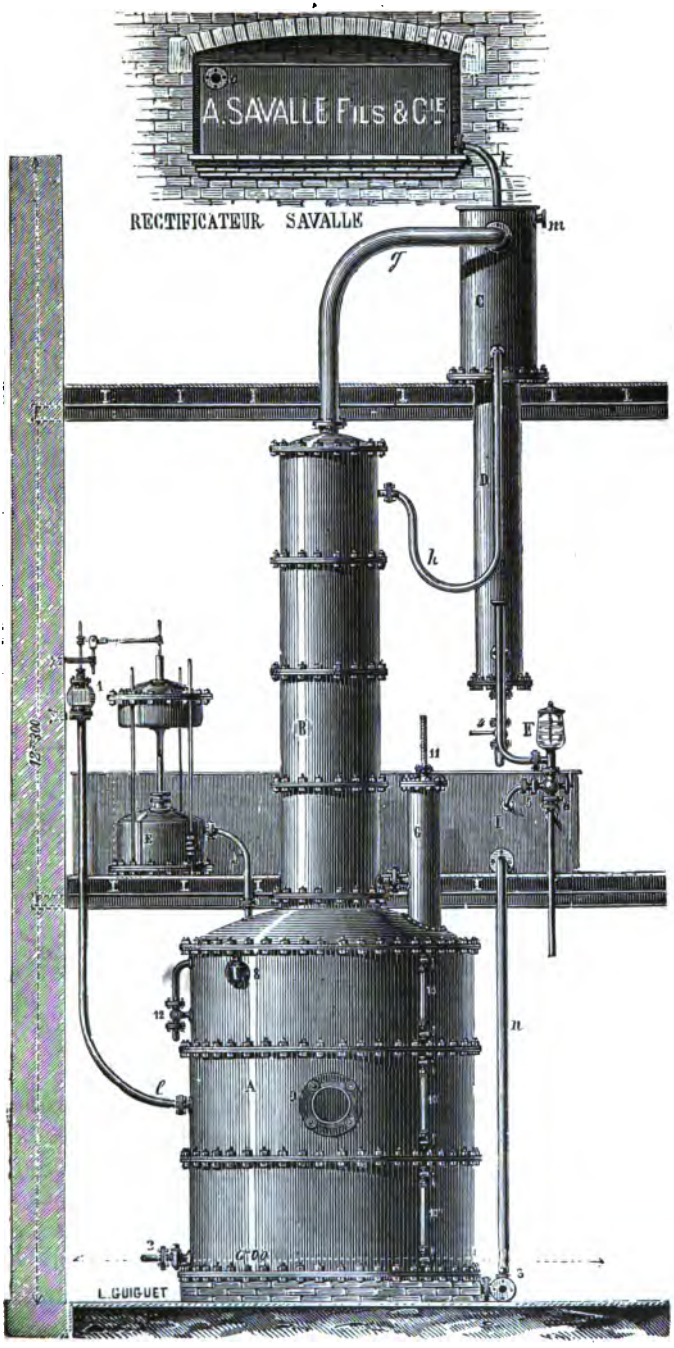


Fig. 86. — Rectificateur primitif Savalle.

Digitized by Google

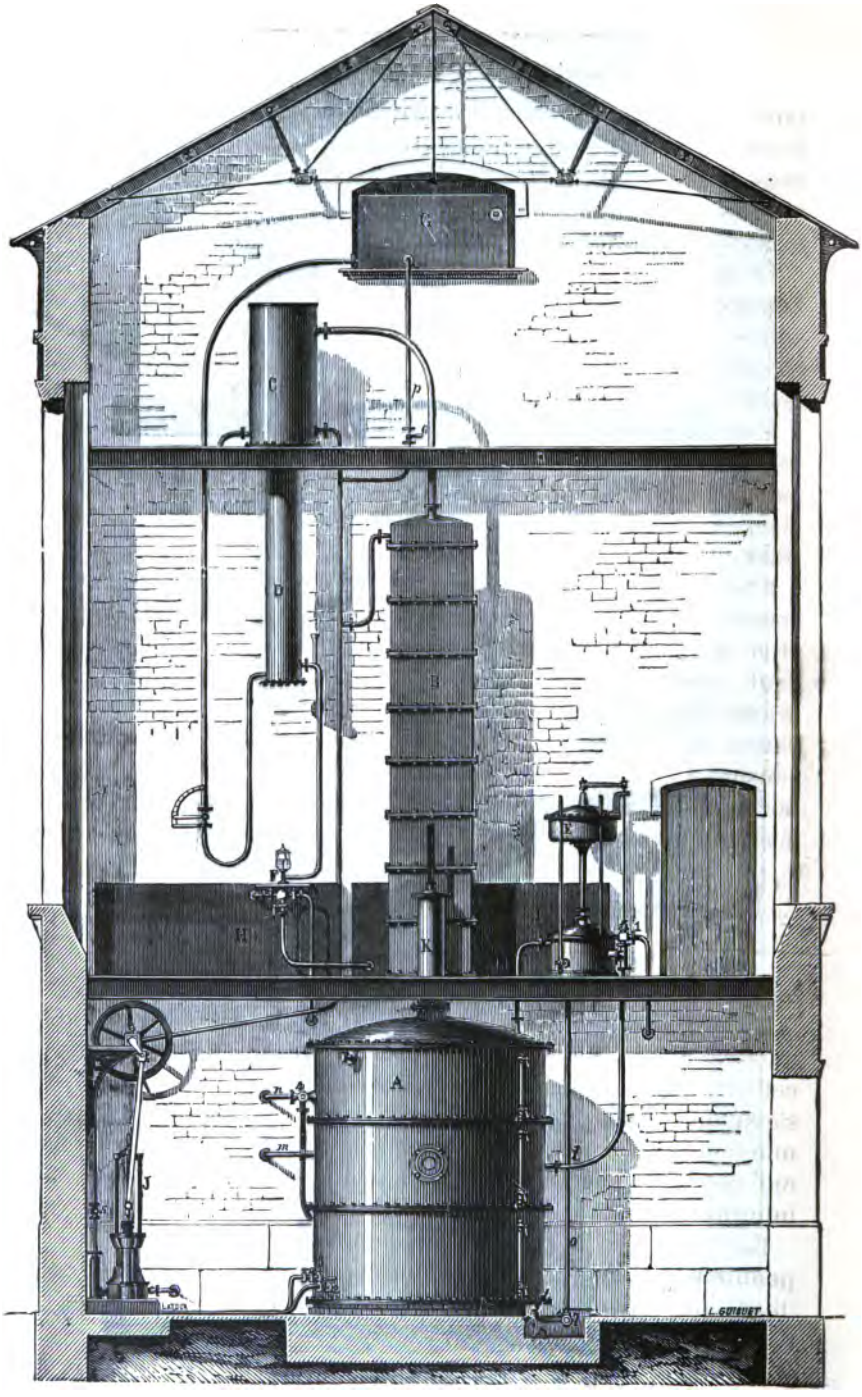


Fig. 87. — Nouveau rectificateur Savalle.

Digitized by Google

tance capitale, car avec des plateaux qui s'affaissent ou se bombent en marche, les vapeurs passent en certains points sans produire aucun travail utile ; aussi quand ces précautions ne sont pas prises, deux appareils de même diamètre peuvent-ils avoir des débits bien différents.

Ce supplément possible de production serait sans effet, si l'on n'augmentait pas sensiblement les dimensions des accessoires : c'est pourquoi les condenseurs et réfrigérants des rectificateurs Wauquier ont des proportions beaucoup plus fortes que ceux des appareils similaires.

Pour la production des alcools de très bonne qualité, ces constructeurs recommandent l'emploi de leur rectificateur à calottes dont les plateaux sont établis conformément aux principes dont nous avons déjà parlé pour les colonnes à distiller.

Pour la production des alcools de Bourse, E. Wauquier et fils construisent des appareils à plateaux perforés dont le nombre et la grandeur des trous font l'objet de soins attentifs. Cependant, comme avec les appareils à plateaux perforés il y a de grands entraînements vésiculaires qui forcent à une rétrogradation importante et par conséquent à une augmentation de la consommation de vapeur, ces constructeurs conseillent d'adopter au moins des plateaux à calottes dans la partie supérieure des colonnes perforées.

C. Colonnes a rectifier de la Société anonyme de constructions mécaniques de Saint-Quentin.

Cette colonne comprend :

1° Une chaudière en cuivre, avec brides en fer, reposant sur un socle en fonte. Comparativement aux chaudières à distiller, celles à rectifier sont de plus grandes dimensions, ce qui s'explique par le fait d'une opération continue dans les premiers appareils, tandis que dans la rectification les opérations ont lieu par charge de chaudière, et, par conséquent, sont intermittentes.

La chaudière à rectifier est munie, à l'intérieur, d'un serpentin de vapeur en cuivre, d'un tuyau pour recueillir à la fin de chaque opération, les huiles essentielles qui se trouvent à

Digitized by Google

la partie inférieure de la colonne ; à l'extérieur, d'un ou de deux robinets en bronze pour alimentation d'alcool brut bon goût ou mauvais goût, d'un robinet bronze pour les huiles essentielles, d'un reniflard, de robinets de niveau avec tubes en verre, d'une porte de trou d'homme, et d'une soupape de retour d'eau du serpentin, enfin, d'un robinet pour vidange des vinasses épuisées ;

2° Une colonne à rectifier, composée de plusieurs tronçons en cuivre, assemblés avec des brides en fer et boulons ; chaque tronçon est muni, à l'intérieur, de disques perforés en cuivre, portant, diamétralement opposés, une cuvette et un tuyau de trop plein venant dégorger dans la cuvette du disque inférieur, tandis que la cuvette précédente reçoit le tuyau de trop plein du disque supérieur et ainsi de suite sur toute la hauteur de la colonne.

Cette colonne est placée directement sur la coupole de la chaudière ; un disque plein interposé entre les brides du joint sépare ces deux appareils. Les vapeurs alcooliques qui se dégagent de l'intérieur de la chaudière traversent ce dôme muni d'une chicane, se rendent ensuite au bas de la colonne pour en traverser successivement tous les plateaux perforés. Au-dessus du dôme est fixé un thermomètre indiquant la température à l'intérieur de la chaudière ;

4° Un condenseur tubulaire, en cuivre, avec tubes laiton et plaques tubulaires, en bronze, reposant sur un socle en fonte ;

5° Un réfrigérant tubulaire en cuivre, avec tubes laiton et plaques tubulaires en bronze, fixé à la partie inférieure du condenseur.

Les vapeurs alcooliques, qui sortent de la partie supérieure de la colonne, se rendent à l'extérieur et au haut du faisceau tubulaire où elles se condensent en partie, puis, de là, à l'extérieur des tubes du faisceau tubulaire du réfrigérant. Ces deux parties étant en communication par un tuyau extérieur, l'alcool rectifié sort ensuite à la partie inférieure du réfrigérant pour se rendre à l'éprouvette et, de là, au réservoir à alcool destiné à le recueillir.

L'intérieur des tubes du condenseur communique avec ceux du réfrigérant, à travers le socle en fonte qui relie ces deux appareils. L'eau froide, pour la condensation des vapeurs

Digitized by Google

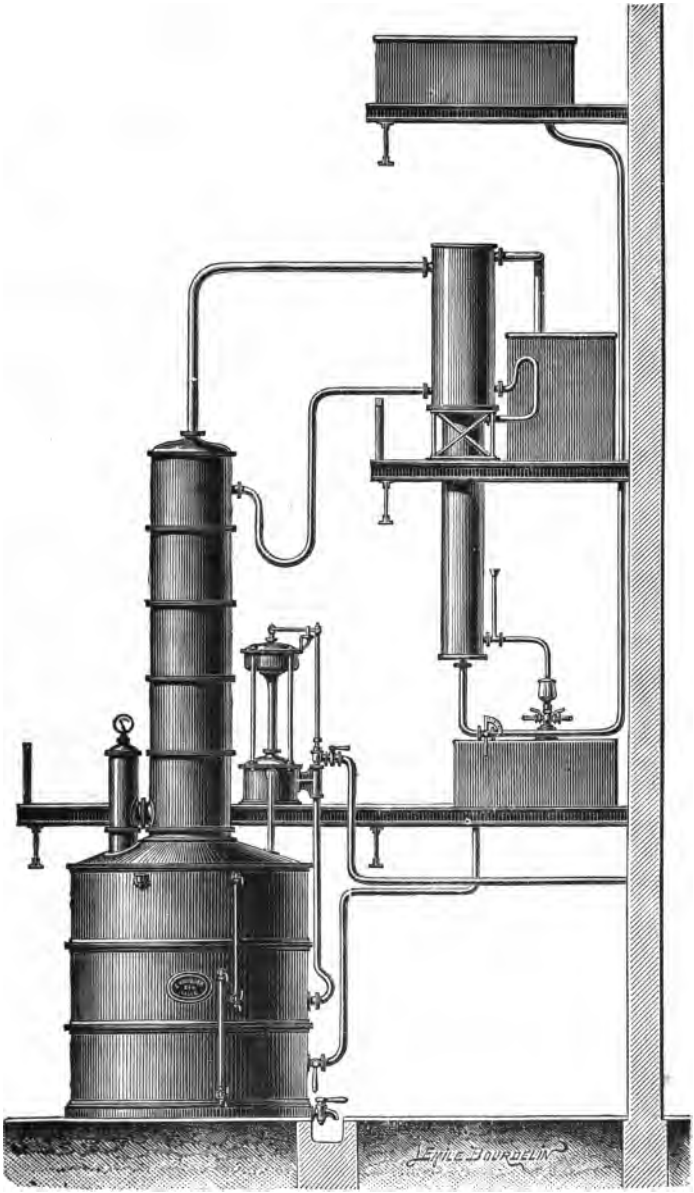
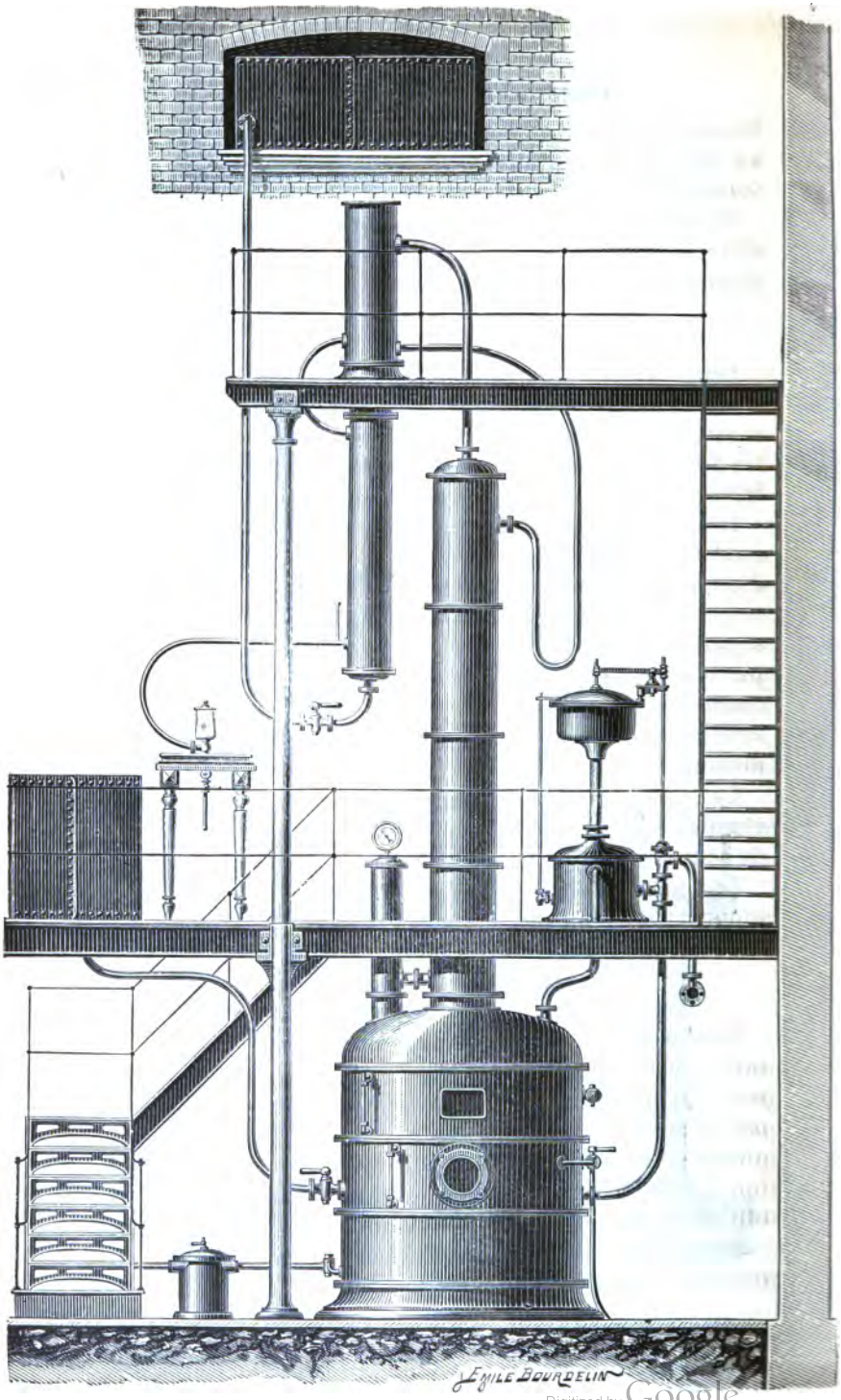


Fig. 88. — Colonne de rectification a calottes Wauquier.

Digitized by Google



Digitized by Google

Fig. 89. — Colonne a rectifier de la Société anonyme de constructions mécaniques de Saint-Quentin.

alcooliques, partant d'un bac en charge, entre dans les tubes au bas du réfrigérant pour sortir à la partie supérieure du condenseur;

6° Un régulateur pour l'alimentation de vapeur de la chaudière à rectifier, dans les mêmes conditions que celui des chaudières à distiller.

D. Rectificateur Egrot

Cette colonne permet d'obtenir avec des flegmes de première distillation des alcools à 96-97° centésimaux. Cet appareil se compose: d'une chaudière en tôle forte ou en cuivre, qui reçoit les flegmes obtenus préalablement dans un appareil de distillation, et dont le degré est abaissé de 35° à 45° selon les cas.

Les vapeurs montent dans la colonne de rectification et rencontrent un très grand nombre de plateaux de rectification, d'un système particulier qui assure l'analyse parfaite des vapeurs. — Elles passent ensuite dans l'analyseur, où elles se séparent en deux parties; l'une qui s'y condense, et retourne par le tube de rétrogradation dans la colonne rectificatrice et l'autre qui se rend dans le réfrigérant, d'où elle sort liquide et refroidie à l'éprouvette, qui contient un thermomètre et un alcoomètre.

La régularité de fonctionnement est obtenue par la cuvette régulatrice du débit de l'eau, et par le régulateur automatique de vapeur.

Une pompe doit élever l'eau dans le réservoir, et une autre amener les flegmes à rectifier.

4. Rectification continue Barbet.

Nous venons de voir comment la rectification ordinaire opérait la sélection des bons et des mauvais goûts, et il semble *a priori* qu'on ne puisse faire les fractionnements autrement que par cette méthode de chargements et d'opérations périodiques, puisque l'alcool pur à isoler se trouve emprisonné dans la position intermédiaire entre les deux catégories d'impuretés de tête et de queue. On s'est longtemps buté à cette conception.

Mais si l'on y réfléchit mieux, l'on finit par reconnaître qu'il n'y avait là qu'un préjugé et que le problème n'a rien d'inso-

Digitized by Google

luble. Quelques tentatives de rectification continue se sont produites, sans succès, en 1857 ; mais c'est M. Barbet qui a repris l'étude de cette question en 1881, et qui a réussi à rendre la continuité non seulement pratique, mais même bien supérieure aux anciens systèmes, grâce à des perfectionnements successifs dictés par une patiente étude théorique des phénomènes de la rectification. Voici en résumé cette théorie :

Supposons qu'il n'y ait dans les flegmes que des impuretés plus volatiles que l'alcool.

On ne dira pas que le fractionnement continu en soit impossible, puisque les colonnes à distiller continues donnent un exemple identique de séparation d'un produit plus volatil (l'alcool) d'un produit moins volatil (la vinasse). Les produits de tête sont aux flegmes ce que l'alcool est au vin : donc, par des appareils analogues aux colonnes distillatoires continues, on doit pouvoir expulser du flegme toutes les impuretés les plus volatiles, et le liquide sortant du bas de l'appareil est un flegme épuré, qui ne contient plus, associés à l'alcool pur, que l'eau et les produits de queue peu volatils. Voilà donc un grand pas de fait, car il ne reste plus qu'à faire la séparation de l'alcool pur d'une part, puis, dans un second lot, de tout ce qui est moins volatil que lui, eau et huiles. Ce problème est encore d'une nature analogue au précédent. Il est un peu plus délicat, il est vrai. pour certaines raisons que nous verrons plus loin, mais enfin on voit de suite qu'il est légitime d'en escompter la solution au moyen d'un appareil continu convenablement approprié.

En un mot, en recourant au grand principe de la *Division du travail*, on peut obtenir le fractionnement des deux grandes catégories d'impuretés par deux opérations successives et solidaires, toutes deux continues. Le problème de la rectification continue n'est donc nullement insoluble.

Il y a dans le flegme trois catégories principales de substances :

1° L'ensemble de tout ce qui est plus volatil que l'alcool ou produits de tête.

2° L'alcool éthylique pur.

3° L'ensemble de tout ce qui est moins volatil que l'alcool ou produit de queue.

Digitized by Google

Donc toute la science du distillateur doit tendre à ne faire que trois lots. Tous les autres sont des lots bâtards. Et de plus, il faut faire en sorte que le lot de tête et le lot de queue soient réduits au volume minimum. De même que nous possédons des colonnes à distiller qui fournissent du premier coup l'alcool à l'état très concentré, à très haut degré, de même il faudra agencer l'épurateur préalable des flegmes, de façon qu'il ne nous donne, autant que possible, que les produits de tête au maximum de concentration. Le problème est moins facile que celui de la séparation de l'alcool du vin, par suite des grandes affinités qui existent entre ces têtes et l'alcool ; mais on peut affirmer d'avance qu'il n'y a là qu'une difficulté technique à résoudre ; on en trouve des solutions plus ou moins heureuses, mais on doit arriver au résultat.

De même pour la seconde partie de l'opération, c'est-à-dire pour la rectification proprement dite.

1° *Le condenseur n'est pas un analyseur.* — On avait toujours professé que la déflegmatation était l'inverse de la vaporisation, et que le condenseur liquéfiait les parties aqueuses et amyliques pour ne laisser passer que l'alcool concentré. C'est absolument faux. Le condenseur n'analyse pas d'une façon appréciable les liquides alcooliques, surtout lorsqu'ils sont à haut degré. Son rôle consiste uniquement à fournir une clairce pour laver méthodiquement les vapeurs alcooliques qui montent dans la colonne ; c'est dans la colonne à plateaux exclusivement que réside le siège de l'affinage de l'alcool.

De même qu'en raffinerie de sucre il faut terminer le lavage du pain de sucre par un clairce très pure, de même en raffinage d'alcool on ne peut atteindre à la grande pureté que si la dernière clairce alcoolique est elle-même parfaitement pure. Le condenseur sert à prélever automatiquement cette clairce sur l'alcool produit ; c'est une dîme nécessaire, dîme d'une importance exorbitante, car elle atteint et dépasse souvent les $\frac{5}{6}$ du volume des vapeurs qui arrivent au condenseur. Voilà le seul rôle que l'on doive rationnellement demander au condenseur.

Un condenseur ne peut avoir d'utilité qu'autant que sa rétrogradation soit analysée dans une série de plateaux ne recevant aucun autre liquide que cette rétrogradation.

Digitized by Google

2° La perfection du clairçage, de l'affinage de l'alcool, autrement dit du classement et du triage des divers corps volatils en présence dans le flegme, dépend essentiellement de la bonne construction des plateaux. Avec un plateau rationnel on diminue la dépense de clairce (ou rétrogradation), celle-ci se trouvant mieux utilisée ; et plus on diminue la proportion de clairce, tout en arrivant à la pureté, plus l'appareil est économique comme eau et comme vapeur.

3° Lorsqu'on fait barboter une vapeur volatile dans un liquide moins volatil qu'elle, cette vapeur traverse le liquide sans lui laisser ses éléments volatils, c'est-à-dire comme si le liquide n'existait pas.

Ce principe sert de base au mode de purification que M. Barbet a appelé *Pasteurisation de l'alcool* et que nous allons rappeler en quelques mots :

Supposons un rectificateur continu que l'on aurait privé de son épuration continue préalable. On obtiendrait à l'éprouvette non plus l'alcool pur, mais l'alcool mélangé de toute la proportion de produits de tête, que contenaient les flegmes.

D'après ce qui a été posé en principe un peu plus haut au sujet du condenseur, si l'alcool de l'éprouvette contient des impuretés de tête, le liquide de rétrogradation en contient aussi et dans une proportion peu différente.

Or, ce liquide complexe rentre dans la colonne à plateaux, et ces plateaux constituent comme de petits alambics successifs où le liquide est soumis à une violente ébullition.

On peut prédire immédiatement ce qui va se passer. La loi de la distillation des liquides complexes dit en effet que lorsqu'on fait bouillir un mélange de produits inégalement volatils, les premières vapeurs sont plus chargées en produits plus volatils que le liquide qui les engendre, et le liquide bouillant tend à s'en débarrasser, à s'en purifier graduellement. La rétrogradation étant un mélange d'alcool avec une petite proportion de produits de tête, puisque l'ébullition expulse les produits les plus volatils, le liquide qui reste sur les plateaux, au bout de quelques instants, devient de l'alcool beaucoup plus pur que la rétrogradation qui l'a engendré, c'est-à-dire bien plus pur que l'alcool de l'éprouvette.

Il est vrai que l'ébullition sur les plateaux n'est point le fait

Digitized by Google

d'un chauffage par serpentin ; cette ébullition est le fait du barbotage des vapeurs alcooliques ascendantes, provenant des plateaux inférieurs, et ces vapeurs sont souillées de produits de tête, aldéhydes, éthers, etc., puisqu'il n'y a pas eu d'épuration préalable. Mais, ainsi que M. Barbet l'a posé en principe, ces impuretés très volatiles ne peuvent être arrêtées et traversent le liquide des plateaux comme si ce liquide n'existait pas.

Donc si le liquide des plateaux est épuré à fond par l'ébullition, il restera pur quoique soumis au barbotage d'une vapeur souillée d'un peu de produits de tête. Il suffira d'opérer une extraction continue de ce liquide rebouilli pour avoir un alcool particulièrement doux, vieilli, et très pur aux réactifs des produits de tête.

L'ancienne théorie dirait que cet alcool doit être souillé de produits de queue, le condenseur étant considéré comme un analyseur qui fait rentrer dans l'appareil les vapeurs aqueuses et amyliques.

Mais l'expérience est là pour prouver que l'alcool pasteurisé extrait n'a guère que 0°1 à 0°3, maximum de différence avec l'alcool de l'éprouvette de tête, et que, du moment qu'il atteint 96°5, il n'est nullement souillé de produits de queue. Le classement des impuretés s'est fait sur les plateaux, et les produits amyliques sont cantonnés dans les plateaux inférieurs, d'où on les extrait d'une façon continue.

4° *Coefficients de purification.* — Nous n'avons parlé dans ce qui précède que des différences de volatilité des impuretés et de l'alcool ; mais, en réalité, le problème est un peu moins simple que cela. Les divers produits ont entre eux des affinités souvent étroites qui viennent contrarier le fractionnement, à ce point que, dans certaines circonstances, tel produit qui bout à une température bien supérieure à l'alcool, peut néanmoins passer dans le distillat en proportion plus grande que celle qui préexistait dans le liquide à rectifier. Chaque impureté possède à ce point de vue des propriétés individuelles que le chimiste ne peut déterminer que par l'expérience directe, comme l'a fait Sorel. Le coefficient de purification d'une impureté sera dit > 1 lorsque la vapeur émise contient une plus forte proportion de cette impureté que le

Digitized by Google

liquide générateur. Dans cette catégorie sont les produits de tête.

Le coefficient sera dit < 1 dans le cas inverse. Ce seront les produits de queue, et l'on pourra, par la distillation et les

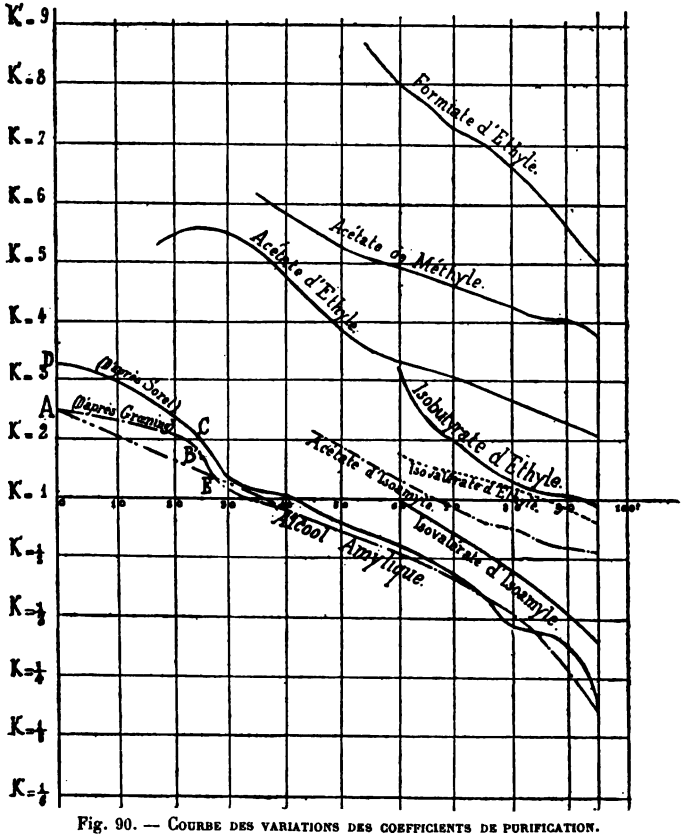


Fig. 90. — Courbe des variations des coefficients de purification.

rétrogradations, les retenir dans les parties basses du rectificateur.

Le coefficient de purification subit d'assez grandes variations pour une même impureté, suivant le degré alcoolique du produit à purifier; c'est au point que, pour nombre de substances, l'impureté agit comme produit de tête à certains

Digitized by Google

degrés et comme produit de queue lorsque le degré alcoolique s'élève, témoin l'alcool amylique par exemple.

M. Barbet a tracé, d'après les expériences de M. Sorel pour un certain nombre d'impuretés, les courbes représentatives des variations de leurs coefficients de purification, et il s'est basé sur la discussion de ces courbes (fig. 90) pour montrer que la rectification continue pouvait plus facilement venir à bout de toutes les catégories de produits de tête et de queue que l'ancienne rectification. Il a montré, en particulier, que le procédé de pasteurisation, agissant comme purification *complémentaire* après l'épuration continue proprement dite, permettait l'élimination complète non seulement des aldéhydes et produits très volatils existant dans le flegme, mais même des composés qui prennent naissance dans le rectificateur même par la réaction réciproque des impuretés soit entre elles-mêmes, soit sur l'alcool. Certaines de ces réactions, en effet, ne commencent qu'à haut degré alcoolique : ainsi les acides gras volatils, acétique, butyrique, etc., ne se combinent à l'alcool pour former des éthers qu'à partir de 85° environ. C'est dans les mêmes étages de l'appareil que se dédoublent les sels ammoniacaux ou de méthylamine. La rectification discontinue est impuissante contre ces réactions qui s'opèrent sur les plateaux, de sorte qu'on retrouve des éthers et des bases à toutes les phases du fractionnement, même en plein cœur, comme l'a prouvé M. Mohler, tandis que la pasteurisation se charge de l'élimination de ces produits et des gaz qui résultent aussi d'autres décompositions plus obscures.

M. Barbet a fourni dans ses divers ouvrages ou travaux de nombreux exemples d'expérimentation directe prouvant la puissance de purification que possède sa « réébullition automatique de la rétrogradation du condenseur par les vapeurs alcooliques elles-mêmes avant leur arrivée au condenseur », appelée d'un seul mot « pasteurisation ». Il a montré qu'en moyenne le « pasteurisé » était de 50 à 60 fois plus pur en produits de tête que le « non-pasteurisé » qui sert d'exutoire à ces impuretés à raison de 5 à 6 p. 100 pour 95 à 94 p. 100 de pasteurisé. Le maximum qu'il ait observé est le rapport 1 à 140 fois.

Digitized by Google

5° *Extraction des produits de queue.* — Lorsque les impuretés de queue possèdent, à tous les degrés alcooliques, un coefficient de purification < 1, il va de soi que ces produits sont refoulés dans le soubassement de l'appareil et sortent avec les eaux résiduaires.

L'eau joue précisément, par rapport à l'alcool, ce rôle constant de produit de queue, mais dans les très hauts degrés le coefficient se rapproche tellement de l'unité que nos appareils deviennent impuissants à rendre l'alcool entièrement anhydre. En revanche, dans les parties basses du rectificateur, la séparation de l'alcool et de l'eau, l'épuisement en un mot, est des plus faciles parce que le coefficient s'abaisse au-dessous de 1/12.

Les eaux résiduaires de rectification emportent avec elles bon nombre d'acides gras et d'éthers lourds. (Voir les analyses de Mohler).

Mais la plupart des impuretés de queue, moins volatiles que l'alcool, sont des corps *hybrides* en ce sens qu'elles ne sont produits de queue que dans les hauts degrés alcooliques, et au contraire produits de tête dans les degrés inférieurs. Donc tous ces produits ont un point de transition pour lequel ils ne sont plus de queue et pas encore de tête, c'est-à-dire où le coefficient de purification est exactement 1. A ce degré alcoolique il n'y a pas de rectification ni de séparation possible, puisque la vapeur emporte juste autant de cette impureté qu'il y en a dans le liquide.

Or l'étage ou plateau du rectificateur pour lequel le coefficient de purification est égal à l'unité présente par cela même une particularité extrêmement utile pour le problème de la rectification; c'est que, sur ce plateau, l'impureté considérée y atteint au maximum de concentration. En effet, elle est énergiquement refoulée des parties hautes par la rétrogradation, et obstinément mise en vapeur par les parties inférieures de l'appareil; il faut donc bien qu'elle s'accumule à l'étage neutre intermédiaire.

Aussi M. Barbet a-t il imaginé de pratiquer là une extraction continue de mauvais goût de queue, parce qu'elle entraîne avec elle le minimum de bon alcool.

Considérons particulièrement l'alcool amylique, corps

Digitized by Google

hybride, très nettement de queue à haut degré, corps neutre (K = 1) vers 40°, et produit de tête manifeste dans les très bas degrés alcooliques. Si l'on ne soutirait jamais rien à l'étage critique, l'accumulation de fusel gagnerait progressivement tous les étages et empoisonnerait tout l'appareil. Mais admettons qu'on extraye, à l'étage à 40°, 2 p. 100 d'alcool par rapport à 100 litres de flegmes à 100° entrant dans l'appareil. Cette extraction, si l'on suppose qu'il ne sorte pas trace de fusel ni par le haut de l'appareil ni par le bas, devra contenir la totalité de cette impureté, et l'extraction aura un taux de fusel, exactement 50 fois plus élevé que le flegme.

Si l'on n'extrayait que 1 p. 100, l'impureté serait 100 fois plus concentrée.

Pour que l'appareil ne s'empoisonne pas, il faut que l'extraction soit un exutoire complet. En effet si le flegme contenait 3 p. 100 de fusel, et si l'on n'extrayait que 2 p. 100 à l'étage à 40°, la sortie aurait beau être du fusel pur, l'appareil n'en conserverait pas moins 1 p. 100, et par conséquent l'accumulation se produirait à brève échéance.

Si au contraire le flegme n'a que 0,5 p. 100 de fusel, et si l'on soutire 2 volumes, cette extraction contiendra 25 p. 100 de fusel, et l'étage à 40° se maintiendra perpétuellement à 25 p. 100 d'impureté, sans pouvoir augmenter. Le régime sera permanent, et l'on pourra dire que la sortie d'impuretés balancera exactement l'entrée, tout comme l'ensemble des sorties d'alcool éthylique balance fidèlement le quantum apporté par le flegme.

Si l'on fait l'extraction à l'étage a 60° au lieu de 40°, que se passera-t-il ? Il existera un étage dans l'appareil (40°) où la concentration sera plus grande, où le quotient d'impureté sera plus élevé, 30 p. 100 par exemple au lieu de 20. Mais si l'on soutire assez du liquide à 20 p. 100 pour équivaloir à la quantité qui entre avec le flegme, l'accumulation sera évitée et la rectification restera normale et complète.

On peut donc, comme le fait M. Barbet, choisir deux étages d'extraction, l'un à 50° et l'autre à 75°, et ces deux étages *moyens* suffisent pratiquement à donner issue à toutes les catégories d'impuretés hybrides pour en purger intégralement l'alcool.

Digitized by Google

Telle est succinctement la théorie de la rectification continue : les produits de tête, et ceux qui, étant hybrides, se con-

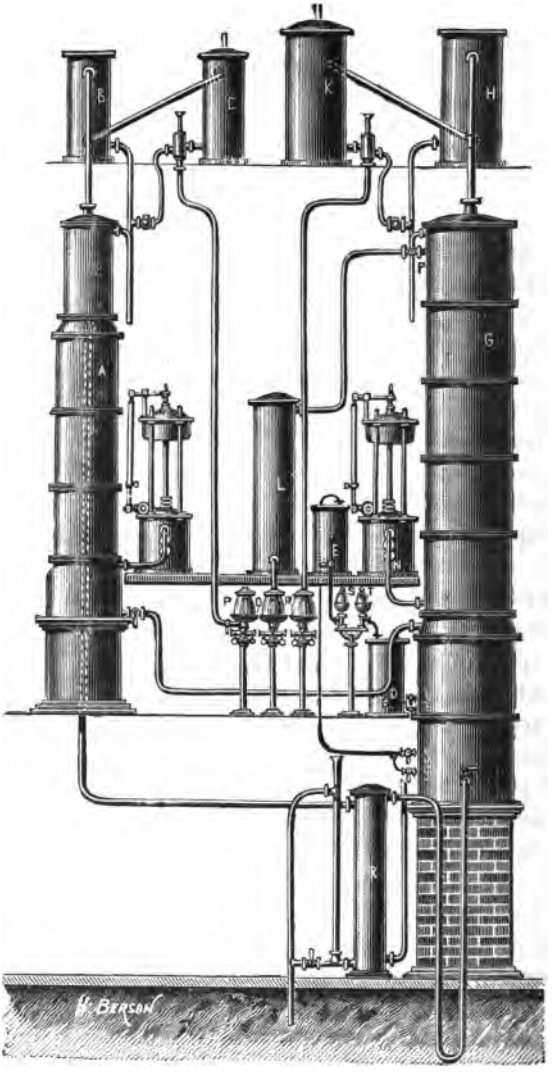


Fig. 91. — Rectificateur continu des alcools.

duisent en produits de tête jusque vers 80 et 90°, sont élimi-

Digitized by Google

nés en presque totalité par l'épuration continue du flegme ; le solde est justiciable de la pasteurisation au haut du rectificateur.

Les produits de queue, sortent avec les eaux résiduaires.

Les produits hybrides, tantôt tête et tantôt queue, sont extraits sur les plateaux à 50 et à 75°.

A. Epurateur.

Voyons maintenant l'appareil lui-même (fig. 91). A est l'épurateur préalable; les vapeurs aldéhydiques se concentrent sur les plateaux supérieurs, grâce à l'analyse produite par la rétrogradation du condenseur B et du réfrigérant C. Dans les appareils de M. Barbet les réfrigérants sont toujours reportés sur l'étage des condenseurs, et cet artifice régle exactement la sortie des produits de tête au taux qu'il désire : en effet, il interpose uu robinet à l'entrée de l'éprouvette P pour modérer la sortie à 2, 4, 6 p. 100, et alors tout l'excédent, sortant de la bouteille d'air par un tuyau de trop-plein, va rejoindre la rétrogradation du condenseur pour rentrer dans l'appareil et participer à la concentration.

Le flegme épuré sort du bas de A, et se rend par un tuyau en forme de siphon renversé à mi-hauteur du rectificateur proprement dit G. Le condenseur H et le réfrigérant K (à réglage invariable du non-pasteurisé sortant par l'éprouvette R), fournissent la rétrogradation. L'alcool pasteurisé s'extrait par le robinet *p*, et comme il est bouillant, on le refroidit au réfrigérant L avant de l'envoyer à l'éprouvette Q où il est également réglé d'une façon précise et invariable par un robinet d'entrée.

b b sont les extractions d'huiles amyliques, refroidies en D et sortant à l'éprouvette T. *g g* sont les prises de vapeur au bas de l'appareil pour contrôler le bon épuisement (réfrigérant E et éprouvette S).

Les eaux résiduaires épuisées sortent par le tubulaire R pour échauffer les flegmes bruts avant leur entrée à l'épurateur; c'est un chauffage par *récupération*, c'est-à-dire sans dépense de vapeur.

Digitized by Google

Comme conduite de l'appareil, une fois que les robinets à l'entrée des quatre éprouvettes P, Q, R et T sont réglés au taux

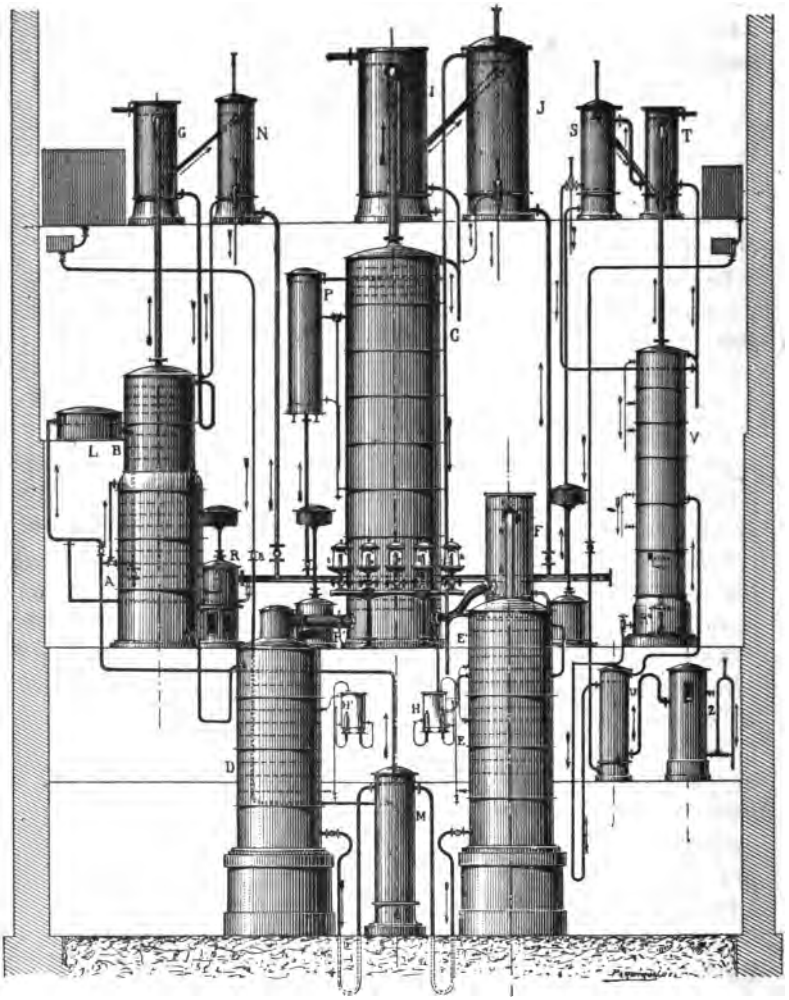


Fig. 92. — Rectificateur continu Barbet, modèle 1900.

que l'on désire, il n'y a plus qu'un seul robinet à surveiller, c'est celui de l'alimentation du flegme. L'ouvrier possède deux

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

témoins fidèles qui lui indiquent si son alimentation correspond bien à l'ensemble des sorties : c'est, d'une part, le degré alcoolique des huiles amyliques qui doit rester constant à l'éprouvette T ; d'autre part, un thermomètre à cadran, placé à l'étage à 50°, doit constamment marquer de 89 à 90° si l'appareil ne s'appauvrit ni ne s'enrichit.

L'ensemble des plateaux représente un stock de liquide alcoolique très important, de telle sorte que le réglage de l'alimentation est très facile et n'exige presque pas de surveillance. Il arrive souvent, lorsque le flegme est bien uniforme comme degré, que l'on reste des journées entières sans toucher à un seul robinet de l'appareil.

La dépense de vapeur de la rectification continue Barbet, pour produire de l'alcool très pur à 96°,5. est égale à environ 200 kilos par hectolitre à 100° entrant dans l'appareil.

Nouveau rectificateur continu Barbet, modèle de 1900.

Ce modèle diffère du précédent en ce que l'auteur y a fait à part l'épuisement des reflux des plateaux rectificateurs, au lieu de les laisser se mélanger aux flegmes épurés. Il y a ainsi deux colonnes d'épuisement, D pour les flegmes épurés, et E E′ pour les reflux amyliques (fig. 92). Voici les motifs de cette amélioration.

Nous avons vu plus haut que le plateau où l'on extrait les produits de queue est chargé d'un liquide extrêmement impur, de 33 à 50 fois plus concentré en produits amyliques que le flegme, selon que l'on extrait 3 p. 100 ou seulement 2 p. 100 de produits de queue. Ce plateau est très voisin du point ou entre le flegme épuré, qui se contamine ainsi par mélange avec ces impuretés concentrées. L'appareil a donc un travail plus important à faire pour affiner ce mélange que s'il n'avait à travailler que les flegmes.

Si M. Barbet, en consacrant deux colonnes à plateaux distinctes, D et E, aux deux épuisements avait laissé les vapeurs de ces deux colonnes se mélanger telles quelles au bas des tronçons rectificateurs, le bénéfice eût été nul. Mais la scission lui a permis de faire une purification préalable dans la colonne E. A cet effet, il a ajouté quelques plateaux analyseurs

Digitized by Google

E′ au-dessus des plateaux E recevant les reflux amyliques. puis il a ajouté un condenseur F, dont la condensation sert à alimenter les plateaux E′, c'est-à-dire à claircer et à épurer les vapeurs impures qui montent.

Aussi les vapeurs non condensées dans F sont-elles plus hautes en degré et d'un quotient de pureté bien meilleur lorsqu'elles viennent se mélanger aux vapeurs du flegme épuré à la base des tronçons de rectification C. D'ou une facilité de raffinage plus grande et un alcool plus neutre.

Distillation et rectification en une seule opération continue.

Ce que nous venons de dire au sujet de la rectification continue donne tout de suite à penser qu'on doit pouvoir obtenir l'alcool rectifié en une seule opération continue, même en partant d'un vin très faible en degré. Notre démonstration sur les extractions continues des produits de tête et de queue ne s'est, à aucun moment, basée sur la nécessité d'avoir un degré alcoolique minimum pour le flegme à rectifier. Ce qui est vrai pour du flegme à 40° reste exact pour du flegme à 30 ou à 20°. Qui nous empêche de considérer comme un flegme du vin à 10° ou même à 5° ? La nature des impuretés volatiles n'y est-elle pas la même ? En quoi la théorie sera-t-elle entamée ?

La rectification continue n'exige qu'une condition : il faut qu'il y ait balance exacte entre les sorties des produits alcooliques, bons ou mauvais, et leur entrée sous forme de flegme, quel que soit le degré de celui-ci. S'il est faible en degré, il faudra pour un même coulage d'alcool pur et d'impuretés forcer proportionnellement l'alimentation. Les dimensions relatives des diverses parties de l'appareil devront être étudiées d'une façon spéciale pour l'emploi d'un grand volume de liquide faible, mais il n'est pas douteux qu'on doive arriver au résultat.

Toutefois le problème comporte une bien plus grande variété de solutions que la rectification continue des flegmes. Cela dépend beaucoup de la matière première alcoolisable employée et du programme qu'on se propose.

M. Barbet a démontré par le calcul qu'en beaucoup de cas, surtout lorsqu'on peut employer des récupérateurs de la cha-

Digitized by Google

leur de la vinasse pour échauffer les vins industriels à distiller, les colonnes distillatoires à haut degré d'alcool sont plus économiques comme vapeur que les colonnes à bas degré. Il a prouvé que la vapeur du flegme qui se dégage du vin au haut d'une colonne distillatoire contient assez de chaleur pour être « auto-rectifiable ». On a donc tout bénéfice, dans la plupart des cas, à faire du flegme à très haut degré, et à profiter de ce haut degré pour faire des fractionnements, puisque, par la concentration même, il se produit des triages assez nets aux différents étages des tronçons de concentration. La *pasteurisation* permettra de soutirer l'alcool presque indemne de produits de tête, ceux-ci étant sélectionnés par une extraction convenable de « non-pasteurisé » en tête de l'appareil. Plus bas nous trouverons l'étage critique à 40-50°, où les produits amyliques sont concentrés à leur maximum, et par conséquent il nous est loisible d'y faire le fractionnement continu des produits de queue.

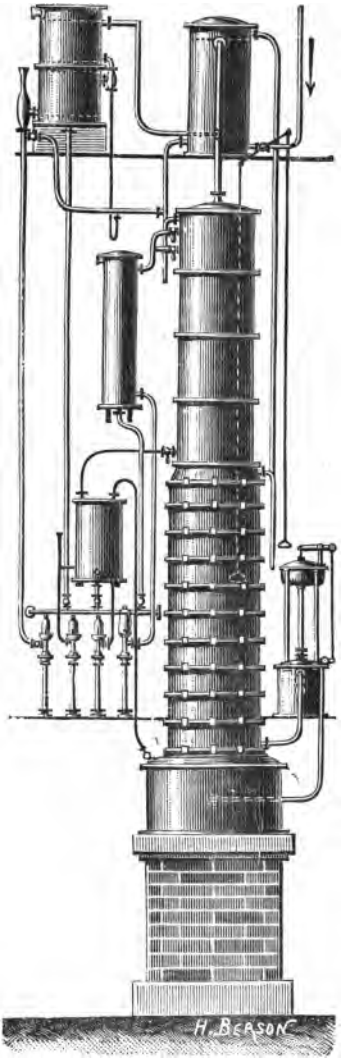


Fig. 93. — COLONNE CONTINUE SIMPLE.

En un mot la colonne rectificatrice simple, privée d'épurateur fournira, sans plus de dépense qu'une colonne ordinaire, un flegme pasteurisé à 96° très bien dégrossi, et même assez pur pour aller à la consommation dans le cas de fermentation de mélasse de cannes, de grains, de malt ou de pommes de terre.

Digitized by Google

Privée de l'épuration préalable qui enlevait au moins les 95 centièmes des impuretés de tête, il ne faut pas dissimuler que la pasteurisation a fort à faire. M. Barbet a créé un modèle (1893) dans lequel il a reporté les plateaux de pasteurisation après le condenseur (ou le chauffe-vin), et la pureté du pasteurisé a été accrue. Mais même avec ce modèle il reste certaines odeurs que l'épuration pratiquée à 96° n'est pas en mesure d'effectuer aussi bien que l'épuration à bas degré de l'ancien épurateur continu.

Sans nous arrêter à un modèle mixte de colonne rectificatrice jumelle (1884) dont on verra la description dans les ouvrages de M. Barbet (1), nous donnerons tout de suite le cliché de son rectificateur continu direct des vins (modèle 1895), dans lequel M. Barbet s'est contenté de mettre, en avant de la colonne rectificatrice simple qui précède un épurateur continu des vins (fig. 94).

L'appareil ainsi reconstitué rappelle tout à fait le rectificateur continu des flegmes, dont il ne diffère que par le faible degré du liquide alcoolique qui l'alimente, et par conséquent par les proportions.

M. Barbet a cependant indiqué récemment une infériorité du rectificateur direct des vins par rapport à l'emploi des deux opérations successives de production de flegmes, puis de rectification continue de ceux-ci.

Dans le rectificateur des flegmes, l'entrée du flegme épuré ou rectificateur proprement dit se fait à 3 ou 4 plateaux au-dessus de la zone d'infection maxima en huiles amyliques. Le flegme s'additionne aux reflux des plateaux supérieurs, et augmente ainsi le volume de liquide laveur qui s'oppose à l'ascension des produits de queue.

Tandis qu'au rectificateur direct des vins, par le seul fait que le liquide alcoolique est à très bas degré, la zone d'infection maxima des huiles, c'est-à-dire le plateau à 40-50°, est forcément au-dessus du plateau d'alimentation qui n'a que de 5 à 10 degrés, Donc toute la vapeur du flegme, que l'ébullition du vin épuré engendre, est obligée de traverser la zone d'infection maxima et de s'y souiller d'une façon déplorable. La totalité du

(1) Manuel Barbet et Arachequesne (1894), page 375. *La rectification et les colonnes rectificatrices* (1895), page 169.

Digitized by Google

flegme se ravale au niveau d'impureté du milieu qu'il traverse, et le raffinage final est aussi difficultueux que si l'on avait eu à rectifier des mauvais goûts de queue au lieu de flegmes.

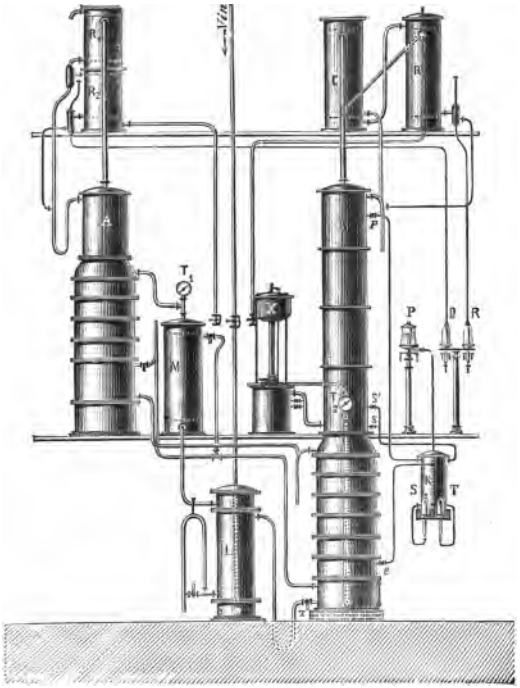


Fig. 94. — Colonne continue directe des vins.

Le même défaut existe dans la colonne rectificatrice simple, mais il se complique d'un défaut analogue pour les têtes. En effet, si l'on examine ce qui se passe en haut de l'appareil, dans la zone de pasteurisation, on s'aperçoit que le plateau supérieur et le condenseur représentent une zone d'infection maxima en aldéhyde. La vapeur dégagée du bas de l'appareil traverse tous les plateaux et va en entier jusqu'au chauffe-vin puisqu'il n'y a aucune autre condensation avant celle-là ; donc toute la vapeur, relativement peu chargée d'aldéhydes, du flegme normal, se trouve intégralement transformée en mauvais goût de tête à vingt fois plus d'impureté que le flegme

Digitized by Google

si l'on ne tire que 5 0/0 de têtes. C'est de ce mauvais goût de tête qu'il faut, par pasteurisation, obtenir du bon goût ; on est par conséquent dans de plus mauvaises conditions que si l'on pouvait avoir comme point de départ de la pasteurisation un alcool seulement équivalent au flegme initial.

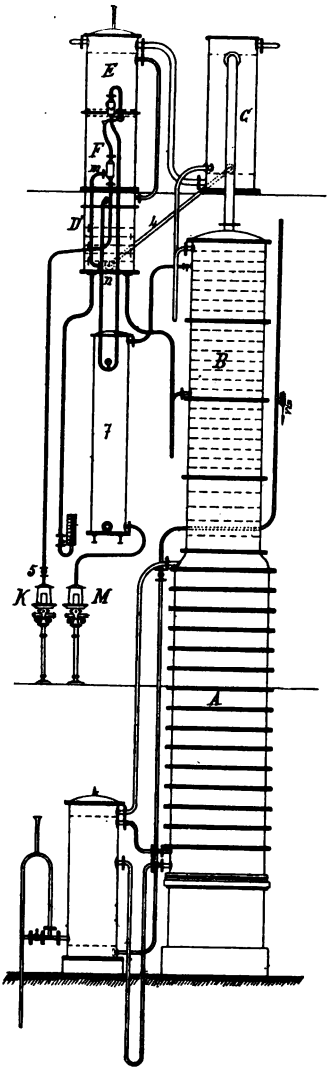


Fig. 95. — Colonne Barbet de 1893.

C'est pour échapper à cette situation véritablement critiquable que M. Barbet, comme nous l'avons dit un peu plus haut, a créé son modèle de 1893, que nous reproduisons ici (fig. 95), modèle dans lequel la rétrogradation du condenseur (ou chauffe-vin) *c*, est exactement du même quotient d'impureté que le flegme initial, si l'on admet que la vapeur non condensée, allant par le tuyau *4* au bas de l'épurateur pasteurisateur à haut degré D′, emporte un volume d'alcool justement égal à celui qui est apporté à tout instant par le vin.

Les tubulaires E et F qui surmontent D′ se chargent de faire la concentration des éthers, et le reflux du bas, assez bien purifié par pasteurisation, retourne dans la colonne B. Il y a donc en réalité dans cette colonne deux pasteurisations de produits de tête concentrés en D′ et une d'alcool bon goût au haut de B. Les produits de tête concentrés coulent à l'éprouvette K, mesurés invariablement par le robinet *5*, et le pasteurisé, refroidi en *7* sort à l'éprouvette M. Ce pasteurisé est

Digitized by Google

très pur en aldéhydes parce qu'il n'a pas passé par une zone d'infection maxima en produits de tête.

Les nouveaux modèles de rectificateurs continus directs des vins, ou même de colonnes rectificatrices simples de M. Barbet réalisent un perfectionnement analogue pour les huiles, de façon à les faire fonctionner dans des conditions identiques à celles des continus, des flegmes.

M. Barbet s'est arrangé pour produire à l'intérieur même de l'appareil, et sans dépense supplémentaire de vapeur, un certain volume de flegmes, puis dans le rectificateur continu proprement dit, pour y entrer à un étage supérieur à la zone d'infection maxima des huiles. On réalise donc bien les conditions de fonctionnement du continu des flegmes.

Voici comment M. Barbet se procure le flegme :

1° L'épuration des vins est surmontée de plateaux de concentration des têtes. Une faible partie des vapeurs sort à l'état de mauvais goût de tête concentré ; le reste rétrograde des tubulaires K et L et redescend de plateau en plateau. Dans le modèle de 1895, ce reflux se mélangeait ensuite au vin en retombant sur le plateau d'alimentation. Le nouveau modèle, au contraire, en fait la captation pour l'épurateur des flegmes DE.

2° Antérieurement le vin, avant son entrée à l'épurateur des vins, passait d'abord dans un récupérateur L, puis dans un « chauffeur complémentaire » M. Ce tubulaire M était chauffé au moyen de vapeur prélevée au bas du rectificateur. M. Barbet change de fluide chauffeur. Il prend la vapeur sortant du haut de l'épurateur des vins C (fig. 96). Cette vapeur qui a 96 à 97°, se condense dans le chauffeur complémentaire U, et donne un deuxième lot de flegme qui rentre dans l'épurateur D ; ce lot est obtenu sans dépense nouvelle de vapeur, car il faut bien, d'une façon comme de l'autre, que l'appareil amène le vin à ébullition.

Enfin comme troisième source de flegme, M. Barbet s'empare du « non-pasteurisé » sortant du réfrigérant J du rectificateur proprement dit.

La réunion de ces trois lots se purifie dans E et constitue un volume de flegmes épurés à, très peu près équivalent au volume d'alcool apporté par le vin. Il entre au rectificateur A bien au-dessus des zones d'huiles *h h*.

Digitized by Google

Pour la colonne rectificatrice simple, M. Barbet interpose le chauffe-vin entre les plateaux d'épuisement et les tronçons de

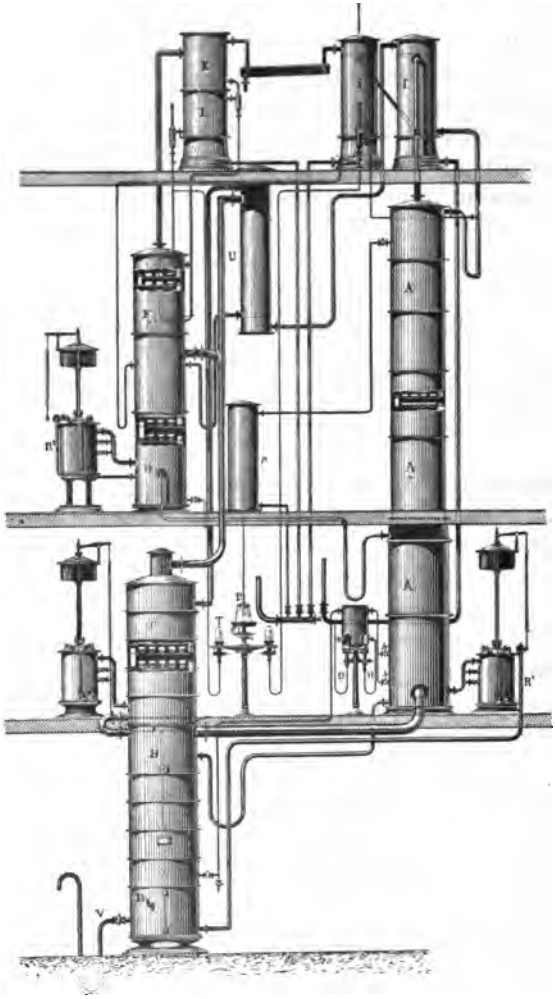


Fig. 96. — Rectificateur continu des vins, type 1900.

concentration. Le flegme qui en provient entre dans la deuxième colonne de concentration, au-dessus de la zone des huiles, tandis que l'excès de vapeur non condensée entre au bas des mêmes tronçons.

Digitized by Google

5. Autorectificateurs continus, O. Perrier.

Le fonctionnement de ces divers appareils repose sur l'application nouvelle faite à la distillation de lois physiques dont la précision permet de retirer, dès la *première distillation* des moûts fermentés, des produits alcooliques épurés, et cela, à des titres qui se règlent à l'avance et restent ensuite automatiquement immuables pendant toute la durée des opérations.

1. De la fixité du degré de chaleur dans les appareils continus

Le nouveau procédé de distillation fractionnée créé par M. O. Perrier est caractérisé par la *fixité du degré de chaleur* qui se trouve rigoureusement établi dans tous les organes pour présider aux diverses phases de la distillation et en préciser les résultats.

Ce degré de chaleur se règle à volonté dans le courant de vapeur qui se dégage de chaque organe et le régime de température une fois adopté se maintient automatiquement invariable pendant le cours indéfini des opérations.

Ce régime invariable de température tout spécial aux appareils Perrier était d'autant plus important à obtenir, que la bonne marche des appareils continus dépend exclusivement de la stabilité de cet équilibre, et qu'il est en outre de tous points indispensable à la régularité des produits fractionnés.

Il convient à cet effet d'observer que dans aucun des appareils actuels, le régime de température ne pouvant être établi d'une façon durable, tous obéissent aux fluctuations inévitables qui surviennent constamment :

Dans l'alimentation des liquides à distiller ;

Dans l'alimentation des organes de chauffe ;

Dans l'alimentation des liquides de réfrigération des condenseurs.

Comme conséquence ;

Aucun d'eux ne peut avoir de marche régulière ;

Aucun d'eux ne peut à plus forte raison opérer de fractionnements suivis.

Digitized by Google

En l'absence de toute corrélation entre ces trois régimes alimentaires indéterminés et toujours variables, le distillateur ne peut que manœuvrer ses robinets à l'aventure.

2. Perfectionnements apportés aux appareils a distiller.

Pour établir l'étroite concordance qui doit exister entre les indéterminées, et donner en même temps la solution de la distillation fractionnée en travail continu, M. Perrier a eu recours à quatre moyens nouveaux, qui assurent automatiquement la permanence absolue dans les régimes de température qui traversent les divers organes d'un appareil.

I. — L'alimentation du liquide à distiller a été automatiquement réglée par la température même des vapeurs en cours de distillation.

II. — Les condenseurs à renouvellement de liquide froid ou irrégulièrement tiédi ont été supprimés et remplacés par des condenseurs analyseurs dans chacun desquels règne à tous les étages un degré de chaleur unique, maintenu automatiquement immuable.

III. — Une succession d'organes analyseurs semblables plongés dans des bains homothermes échelonnés par ordre de températures progressivement décroissantes d'un analyseur à l'autre, mais immuable et réglable à volonté dans chacun d'eux, a permis de faire subir aux vapeurs des analyses moléculaires successives à des degrés de chaleur invariables et de les classer en cours de condensation sous des écarts de températures délimités par avance, réglables à volonté et immuables.

IV. — L'action combinée de régulateurs de températures et de résistances de passage opposées au libre dégagement des vapeurs, a enfin permis de prélever simultanément sur une même colonne de distillation autant de courants de vapeur qu'il s'agissait d'obtenir de produits fractionnés, d'assigner à chacun d'eux un degré de chaleur déterminé et invariable, d'épurer enfin isolément chacun de ces courants dans des groupes analyseurs distincts, faisant ainsi subir à la masse gazeuse un double fractionnement.

1° Un classement préliminaire s'opère tout d'abord sur les vapeurs en cours de distillation. Prélevées et réparties dès

Digitized by Google

leur formation en courants gazeux à température fixe, les vapeurs sont classées dans leur ordre de volatilité ce qui prévient :

Toute surchauffe de vapeur;

Toute condensation prématurée due au mélange des vapeurs;

Toute contamination ultérieure due au contact direct des vapeurs alcooliques avec les produits plus ou moins odorants de tête.

2. Ainsi préparés, chacun de ces courants est alors isolément laminé à travers des analyseurs moléculaires à température immuable qui lui font subir la 2e épuration dans le cours de leur condensation, afin de prévenir par ce fractionnement préliminaire sur les vapeurs en voie de formation toute surchauffe de vapeur, toute condensation prématurée toute contamination ultérieure due au contact direct des vapeurs alcooliques avec les produits plus ou moins odorants de tête.

Alimentation automatique des appareils continus. — Le premier perfectionnement a consisté à disposer un régulateur de température T (fig. 97) à la sortie des vapeurs de la colonne de distillation, et d'épuisement B, pour actionner la valve d'alimentation W des liquides à distiller.

Ce régulateur a pour mission de maintenir sensiblement constant le degré de chaleur des vapeurs en cours de distillation en faisant varier la dose alimentaire du liquide à distiller, sans faire intervenir d'autres causes pouvant modifier la température des vapeurs.

Le liquide étant en effet toujours introduit bouillant dans le haut de la colonne, le régulateur de température maintient invariable le degré de chaleur des vapeurs qui distillent uniquement en régularisant le taux alcoolique des liquides qui, étagés sur les divers plateaux, provoquent l'enrichissement du courant gazeux.

Par suite de la simultanéité d'action qui s'établit alors entre le régulateur de pression et le régulateur de température :

Le régulateur de pression assurant aux vapeurs de distillation une vitesse de dégagement invariable, ou pour mieux dire, le dégagement d'un volume gazeux constant, tandis que

Digitized by Google

le régulateur de température assigne au courant gazeux un degré de chaleur invariable qui en régularise la composition alcoolique, il s'en suit qu'il se dégage des organes de distillation un volume gazeux constant renfermant toujours la même quantité d'alcool et que le rendement alcoolique devient invariable dans les organes de distillation.

Le régulateur de température, en actionnant la valve d'alimentation du liquide à distiller établit de ce fait l'étroite concordance qui doit exister dans les appareils continus entre l'alimentation des liquides à distiller et l'alimentation des organes de chauffe, et les deux indéterminées constamment variables dans tous les appareils continus.

L'alimentation du liquide à distiller et l'alimentation de l'organe de chauffe, se solidarisent et s'équilibrent d'elles-mêmes pour faire produire aux appareils toujours le même rendement alcoolique.

Condenseurs à température variable et indéterminée et condenseurs analyseurs à température uniforme réglée à l'avance et invariable. — En ce qui concerne les irrégularités provenant des condenseurs, elles sont dues à deux causes :

1. La température moyenne des condenseurs est continuellement changeante par suite du renouvellement des liquides condensateurs dont la température et le volume sont toujours variables, et aussi, par suite de la variabilité de température de volume et de composition des courants gazeux qui les traversent.

Aussi, en aucun cas, on ne peut proportionner leur puissance condensatrice toujours indéterminée et changeante à celle qu'exige un courant de vapeur lui-même très variable et indéterminé.

Cette irrégularité de température des condenseurs s'oppose à toute régularité dans la marche et dans le rendement des appareils.

2. D'autre part la variabilité de température qui existe aux divers étages des condenseurs actuels, fait qu'aucun d'eux n'échappe aux irrégularités de condensation, prévues par le principe de la paroi froide de Watt, d'après lequel toutes les vapeurs qui traversent un condenseur prennent la tension

Digitized by Google

maximum qu'elles auraient si le condenseur avait partout la température de la paroi la plus froide.

Pour parer à ces inconvénients, les condenseurs ordinaires à renouvellement d'eau froide ou irrégulièrement tiédie ont été supprimés et remplacés par des condenseurs analyseurs dans chacun desquels règne à tous les étages un degré de chaleur unique automatiquement immuable.

Le fonctionnement de ces condenseurs analyseurs est basé sur le principe bien connu de l'*invariabilité du degré de chaleur des liquides maintenus en ébullition sous pression et composition constantes.*

Les organes de condensation sont à cet effet plongés dans des liquides dont la température d'ébullition est précisée à l'avance. Ces liquides condensateurs sont eux-mêmes contenus dans des vases clos, n'ayant d'autres communications qu'avec des serpentins refroidisseurs plongés dans des liquides froids, eau ou liquide à distiller, qui condensent aussitôt les vapeurs qu'ils reçoivent et les rétrogradent sur leurs bains respectifs.

Dans ces conditions, lorsque le courant de vapeur alcoolique parcourt le condenseur, il porte et maintient à son point d'ébullition le liquide du bain-marie, dont les vapeurs se dégagent dans le réfrigérant à air libre qui les condense et les rétrograde à leur point de départ aussitôt ramenées à l'état liquide.

Toute déperdition de vapeur est ainsi évitée et le liquide du bain-marie conservant la même composition et étant maintenu sous la même pression, conserve également le même point d'ébullition.

Ce sont en effet les vapeurs produites dans les bains-marie par l'excédent de chaleur perçue, qui vont seules et d'elles-mêmes chercher au réfrigérant l'élément de froid strictement indispensable à leur condensation pour retourner aussitôt à la charge dans leur bain-marie maintenir intacte toute sa puissance de condensation.

La vaporisation plus ou moins abondante qui se produit au sein des bains-marie vient ici parer à toutes les fluctuations pouvant survenir dans l'intensité ou la composition des courants de vapeurs.

Digitized by Google

Le calorique, on le voit, est *transporté par voie de chaleur latente de vaporisation* et le travail considérable d'échange de calories qui s'effectue au degré de chaleur unique et automatiquement immuable qui correspond aux changements d'état, prévient toute insuffisance comme tout excès de condensation.

De là les avantages industriels suivants :

5. Les condenseurs homothermes, suppriment l'alimentation indéterminée et toujours variable que provoque la manœuvre des robinets dans le renouvellement du liquide condensateur.

6. La condensation se faisant à une température élevée, unique et automatiquement immuable, le liquide condensé rétrograde privé des produits les plus volatils qui restent à l'état de vapeur, faute de trouver à la température d'ébullition des bains-marie un élément de froid suffisant pour perdre leur chaleur latente de vaporisation.

De là, la suppression de ce va et vient continuel des produits de tête qui évoluent entre les colonnes et les condenseurs dans tous les appareils actuels, produits qui une fois redissous dans l'alcool concentré, ne peuvent en être séparés que par la réébullition prolongée du liquide ramené à bas titre.

7. Les produits les plus volatils restant à l'état de vapeur et les liquides étant rétrogradés chauds, toute condensation inutile et onéreuse est supprimée, ce qui conserve aux appareils toute leur puissance de concentration et supprime l'excédent de dépense de chauffe qu'entraîne la revolatilisation des produits inutilement condensés.

8. Enfin la malléabilité de travail qui permet à ces condenseurs d'harmoniser automatiquement leur action sur les variations d'intensité, de température ou de composition des courants de vapeur qui les traversent, pour leur assigner dans tous les cas le même degré de concentration, supprime l'indéterminée qui existe dans tous les condenseurs actuels à renouvellement de liquide condensateur et solidarise le régime de concentration aux divers régimes de distillation.

9. — Chaque produit fractionné est donc obtenu par la condensation opérée sur le courant de vapeur dans l'intervalle de son parcours entre deux analyseurs homothermes, dont le

Digitized by Google

premier en régularisant la composition de ce courant gazeux à la température limite qui précède la condensation du produit alcoolique retient et rétrograde tout produit moins volatil, tandis que le deuxième en régularisant la composition au degré de chaleur limite qui fait suite à cette même température de condensation retient et rétrograde le produit recherché, tout produit plus volatil continuant sa route à l'état de vapeur.

Du fractionnement des vapeurs en cours de vaporisation. — Le mode de fractionnement opéré exclusivement sur les vapeurs en cours de condensation reste toutefois insuffisant pour la préparation des produits parfaitement épurés, alors surtout que certains d'entr'eux sont odorants ou qu'un assez grand écart de température existe entre leurs points d'ébullition.

Dans ce dernier cas, la surélévation de température qu'il faut communiquer aux mélanges de vapeurs pour en uniformiser le degré de chaleur de tous les facteurs gazeux, provoque la dissociation partielle de certains d'entre eux, ce qui altère le rendement final.

Dans le premier cas, lorsque les produits de tête condensables ou non sont odorants, en traversant l'analyseur alcoolique ils l'imprègnent de leur mauvaises odeurs qui viennent déprécier la valeur de l'alcool.

Pour remédier à ce double inconvénient, M. Perrier a imaginé un dispositif permettant d'opérer sur les vapeurs en cours de distillation un premier classement à température fixe.

Par suite de l'intervention de régulateurs de températures, dont l'action est combinée avec celles de résistances hydrauliques s'opposant au libre écoulement des vapeurs, on prélève simultanément sur une même colonne de distillation, autant de courants gazeux à températures fixes qu'on le désire, pour les épurer ensuite isolément dans des analyseurs distincts.

La figure 99 montre deux prises *b c* prélevées sur la même colonne de distillation B C.

Les vapeurs qui s'engagent en *b* pour se rendre dans l'analyseur *k* traversent le régulateur de température T et sont tenues de vaincre la résistance hydraulique *h* alimentée par les rétrogradations de l'analyseur *k*.

Dans les colonnes cette résistance hydraulique est repré-

Digitized by Google

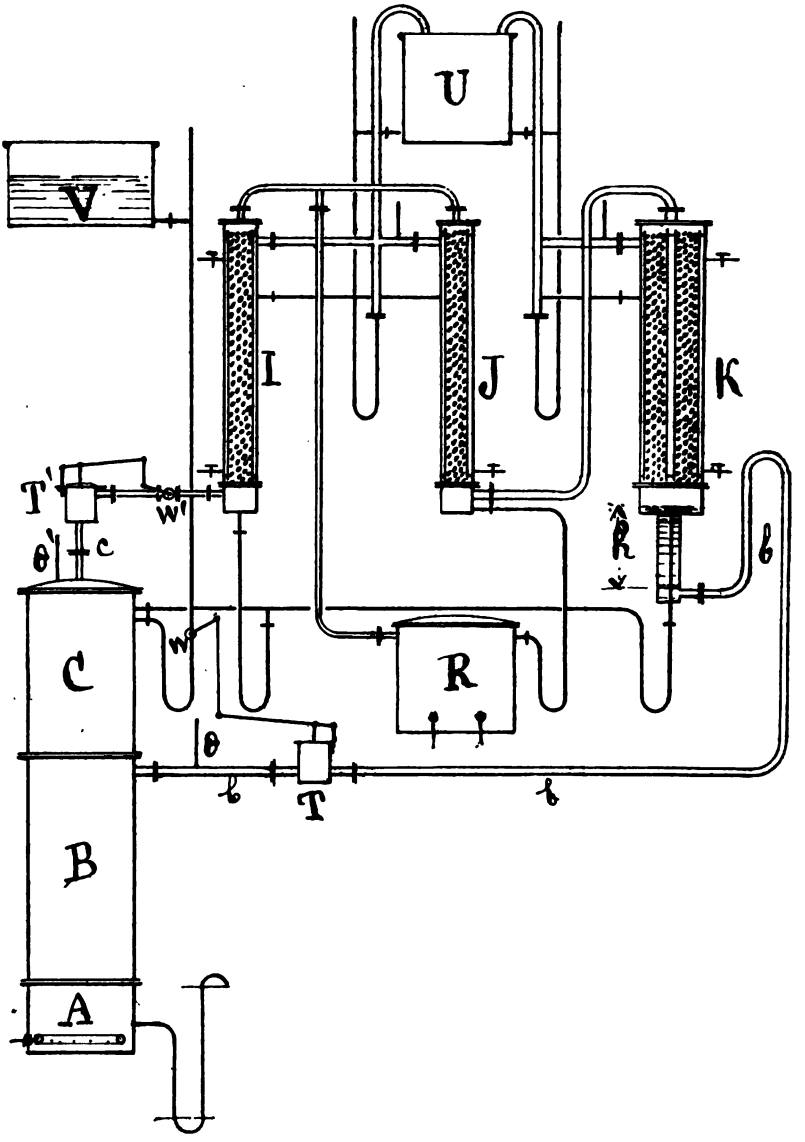


Fig 98. — Colonne Perrier.

Digitized by Google

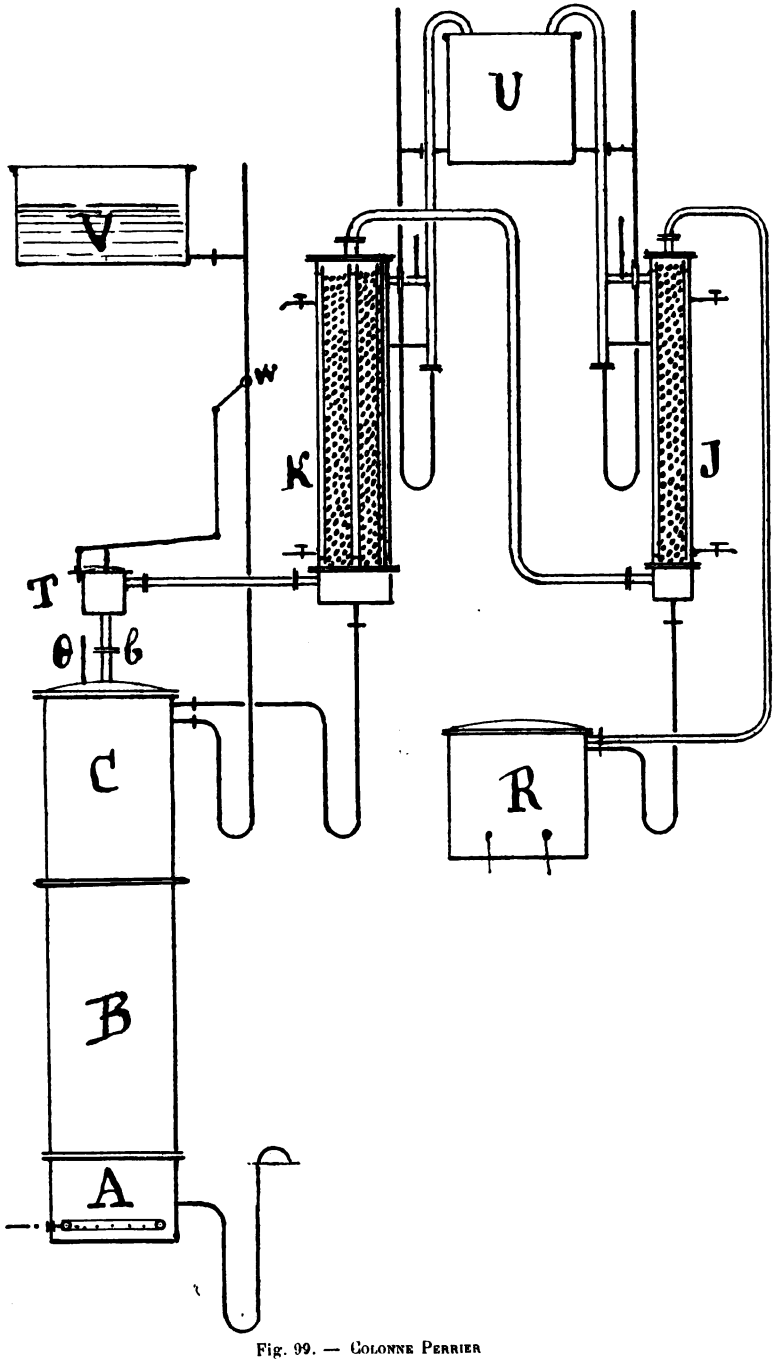


Fig. 99. — Colonne Perrier

Digitized by Google

sentée par l'ensemble des hauteurs de barbotage qui existent sur les divers plateaux.

Cette résistance fixée une fois pour toutes, oblige les vapeurs alcooliques à traverser d'abord C, le régulateur de température T′ et à se dégager par l'analyseur I sur le réfrigérant R.

Les premières vapeurs qui distillent accumulent donc les produits odorants de tête dans le haut de C et leur extraction s'opère aussitôt par I après refroidissement dans le réfrigérant R. A mesure que la proportion de ces produits volatils décroît, la température du courant s'élève et le régulateur de température T′, sensibilisé par l'excédent de chaleur qu'il perçoit, forme insensiblement l'orifice de dégagement du courant gazeux en W′.

Cet étranglement ralentit aussitôt la vitesse de distillation sur les plateaux C.

La contrepression progressive qui en résulte finit par l'emporter sur la résistance hydraulique *h* et le deuxième courant de vapeur s'engage par *b* T pour pénétrer dans K.

Ces vapeurs privées de la très majeure partie des impuretés odorantes de tête dont on limite et précise du reste la proportion par la température du courant gazeux qui traverse T′ opèrent leur analyse en K comme dans le cas précédent, figure 98.

L'analyseur K expurge le courant gazeux des produits moins volatils que l'alcool dont les vapeurs vont se condenser en J pour être aussitôt recueillis après refroidissement en R.

Quant aux produits de tête, ne pouvant perdre leur chaleur latente de vaporisation à la haute température qui préside à l'analyse en J, ils sortent à l'état de vapeur pour se condenser séparément en R.

En répartissant les vapeurs dès leur formation en lots de même température ayant par ce fait sensiblement la même composition, cette disposition fait subir à la masse gazeuse un premier fractionnement qui a pour avantage :

1° De prévenir le mélange des vapeurs d'alcool avec celle des produits impure et odorants de tête qui laissent toujours des traces de leur passage et contaminent sans retour d'alcool.

2° De supprimer la surchauffe qu'il faut toujours donner aux mélanges de vapeurs pour y maintenir à l'état gazeux les

Digitized by Google

produits les moins volatils, ce qui réduit au minimum les pertes dues à la dissociation que provoque toute surélévation de température.

Type de l'appareil industriel. — La figure 100 indique l'ensemble des dispositions adoptées dans l'appareil industriel complet pouvant directement fractionner l'alcool neutre, les produits aldéhyques de tête et les huiles.

Des plateaux laveurs ont été intercalés en D et G entre les organes de distillation B C et les organes d'analyse I K pour enrichir les vapeurs aux dépens des liquides rétrogradés, faciliter le travail des analyseurs et par la graduation du taux alcoolique des liquides étagés sur les divers plateaux, permettre le prélèvement à température fixe, des prises de vapeur dont la richesse alcoolique et les taux d'impuretés restent sensiblement constants.

Une colonne d'épuisement des flegmes H, reçoit les rétrogradations de K et de G et, grâce aux prises d'extraction de vapeur *e*, *f*, disposées l'une sur H, l'autre sur G l'évacuation continuelle de l'excédant d'impuretés moins volatiles s'oppose à ce qu'elles se concentrent en G et en H malgré leur afflux continuel dans le courant de vapeur.

Il s'établit, de ce fait, un régime invariable dans le taux des impuretés existant dans les liquides étagés sur les divers plateaux de la colonne G que l'on transforme en une colonne travaillant toujours en cœur de rectification.

Il convient, en effet, d'observer que le courant gazeux entraîne sans cesse des impuretés moins volatiles que l'alcool et que certaines d'entre elles, volatilisées à la température élevée qui règne au bas de la colonne d'épuisement H, ne peuvent être rejetées avec les vinasses.

D'autre part, leurs vapeurs ne pouvant tromper la vigilance de l'analyseur à température constante K sont continuellement rétrogradées à l'état liquide sur G.

Ces produits à points d'ébullition intermédiaires évoluent donc de l'état liquide à l'état gazeux et *vice versa* entre l'analyseur K et le bas de H et leur taux de saturation croissant, ils finiraient par enrayer la marche de l'appareil si on ne leur offrait une issue.

Digitized by Google

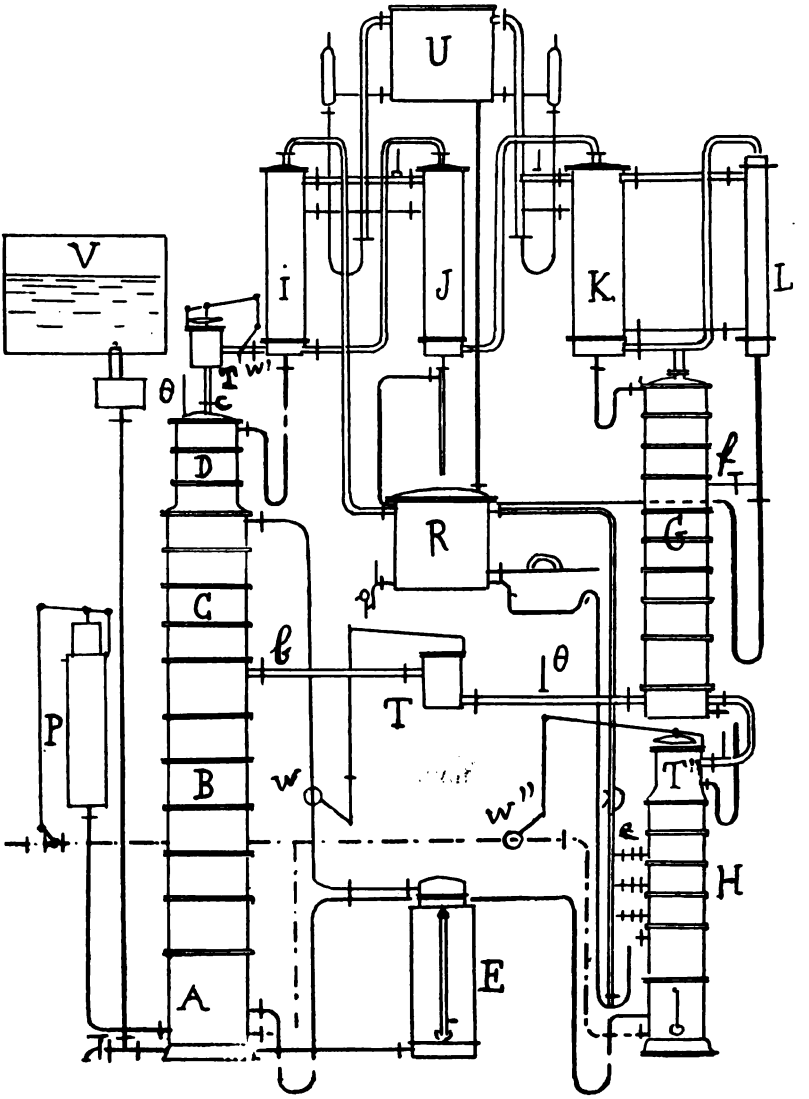


Fig. 100. — Colonne Perrier.

Digitized by Google

C'est à cet inconvénient que remédient les deux prises *e*, f, dans leur action combinée avec des analyseurs spéciaux qui en opèrent le fractionnement

En résumé dans le nouveau procédé de distillation par double fractionnement, le régime de température se règle à volonté dans tous les organes et se maintient ensuite automatiquement invariable dans chacun d'eux.

Dans les organes de distillation, des régulateurs de température sont chargés de cette mission.

L'un d'eux pour remplir la double fonction qui lui est réservée, de fixer le degré de chaleur des vapeurs garantissant l'épuisement alcoolique du liquide et de régulariser son alimentation, rend l'alimentation du liquide à distiller solidaire du degré de chaleur des vapeurs émergeant de la colonne de distillation.

Le mode de régularisation est tel, qu'une même dose d'alcool est constamment Introduite dans l'appareil quelles que soient les variations pouvant survenir dans la richesse alcoolique des liquides à distiller.

Quant aux autres régulateurs de température, ils fixent les degrés de chaleur des courants de vapeurs qui les traversent, en faisant varier la vitesse de distillation sur les organes qu'ils ont à régulariser.

Soit en modifiant l'orifice du débit des courants gazeux qui les traversent (T′ W″).

Soit en modifiant l'intensité de chauffe qui les alimente (T″ W″).

Dans l'une comme dans l'autre de ces opérations, la main de l'homme n'a pas à intervenir.

Sous l'impulsion unique d'un régulateur de pression dont le régime se règle à volonté, la masse gazeuse est répartie, dès sa formation, en autant de courants à températures fixes qu'on le désire et chacun de ces courants est isolément dirigé sur des organes qui le concentrent et l'épurent séparément.

Ce premier fractionnement opéré :

Un premier analyseur homotherne départage sans variation possible la nature des produits les moins volatils qui ne doivent pas avoir accès dans le produit à fractionner en les précipitant à l'état liquide et les rétrogradant ;

Digitized by Google

Puis, un deuxième analyseur arrête le produit à fractionner et le rétrograde, le séparant à son tour de tous autres produits plus volatils qui poursuivent seuls leur route à l'état de vapeur.

6. Rectification-distillation continue Guillaume.

A. — Colonne de distillation-rectification continue.

La distillation-rectification directe, c'est-à dire la production du premier jet et d'une manière continue d'alcool neutre en partant des vins, a été l'objet de recherches de tous les spécialistes en distillerie.

Indépendamment des avantages économiques, que présente la production directe des alcools sans distillation préalable, avantages qui consistent dans l'économie de combustible, de main-d'œuvre, de locaux, la suppression des bacs de flegmes, du bac de chargement, des bacs à moyen goût, de pompe de transvasement, etc... Ces appareils de distillation rectification directe ont démontré que la perte d'alcool ou freinte de rectification est supprimée.

L'appareil Guillaume a pour objet les trois phases suivantes :

1° Distillation proprement dite ; 2° extraction des produits de tête ; 3° extraction des produits de queue.

Il faut, en effet, établir nettement la succession de ces trois phases distinctes si l'on veut obtenir un alcool rectifié aussi parfait que possible.

Dans la figure 101 :

A est une colonne à distiller quelconque :

BB′ la colonne d'extraction de produits de tête, et, dans la partie supérieure de cette colonne, D est un petit récipient accumulateur ;

cc′ E, la colonne à bon goût et à extraction de produits de queue ;

H, un récipient accumulateur ;

VV′ et V_1 V_1 ′ sont des régulateurs automatiques d'alimentation d'eau aux condenseurs O′ et O ;

P est un réfrigérant triple ; pour l'alcool bon goût, pour les

Digitized by Google

produits de tête et pour l'épreuve permanente de l'épuisement de la colonne A ;

p, réfrigérant des produits de queue et de l'épreuve de l'épuisement de la colonne CC'E ;

G, éprouvette du bon goût ;

G^1 éprouvette des produits de tête ;

G^2 éprouvette d'épreuve de l'épuisement de la colonne A ;

i, éprouvette des produits de queue ;

J, éprouvette d'épreuve de l'épuisement de la colonne E ;

R, régulateur de pression à régime variable, à chaîne, pour la colonne A ;

FF', régulateur de pression à action directe et à régime variable à la main, pour la colonne EC'C ;

v, arrivée du vin à distiller ;

b, communication prise dans la chambre de vapeur du soubassement de E pour le chauffage du soubassement de B' ;

f, conduit des flegmes bouillants, épurés en produits de tête, pour aller à la colonne à bon goût EC'C ;

t, thalpotasimètre donnant la température des vapeurs alcooliques émises par la rétrogradation provenant de l'accumulateur H par le tuyau N, et, par conséquent, une relation de la richesse alcoolique du liquide emplissant le récipient accumulateur H.

Les vapeurs alcooliques brutes, provenant de la colonne à distiller, entrent, par la communication K, dans la colonne d'extraction des produits de tête BB' à une hauteur telle qu'il se trouve à la fois un nombre de plateaux suffisant au-dessus, pour opérer la concentration convenable des produits de tête et, au-dessous, pour compléter l'élimination des produits de tête avec de la vapeur vive.

On a placé deux tronçons d'épuration proprement dite, comprenant une quinzaine de plateaux, au-dessous de l'arrivée K des vapeurs brutes de distillation ; ces plateaux reçoivent les flegmes, partiellement épurés déjà par les vapeurs provenant de la distillation, par le trop-plein du plateau immédiatement supérieur à cette entrée K des vapeurs alcooliques brutes, et sont traversés méthodiquement, en sens contraire, par de la vapeur qui était absolument pure en produits de tête à son départ, dans le soubassement au bas de la colonne B'.

Digitized by Google

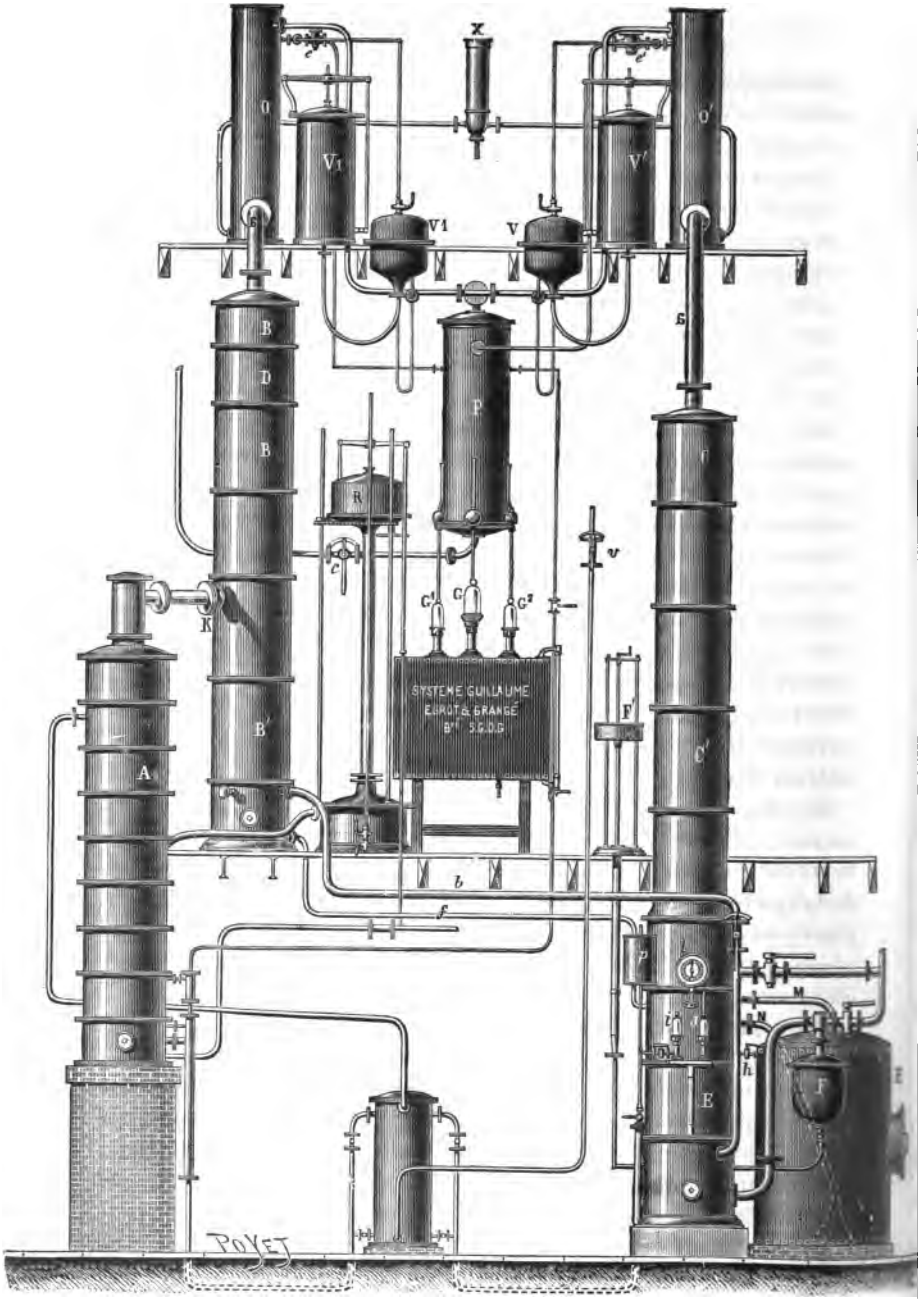


Fig. 101. — Colonne Guillaume.

Digitized by Google

Le liquide alcoolique, épuré des produits de tête, se trouve être à 35-40° alcooliques et se rend, bouillant, à la colonne à bon goût.

A la partie supérieure de la colonne B'B, on a ménagé un récipient accumulateur D, d'assez grande capacité relative, qui a pour but de régulariser l'unité du degré à l'éprouvette (en atténuant les irrégularités passagères possibles), ainsi que d'*emmagasiner les produits de tête* et de les empêcher de descendre dans la partie inférieure de la colonne, au cas où l'extraction en serait momentanément insuffisante à l'éprouvette des têtes.

Dans ce cas, en effet, les produits de tête se concentreraient de plus en plus dans le récipient D (au-dessus duquel il existe encore quelques plateaux de concentration), avant de pouvoir descendre tout au bas de la colonne, ce qu'il importe d'éviter. Si ce récipient contient, par exemple, vingt fois plus de liquide alcoolique qu'un plateau ordinaire, pour une même augmentation du coefficient d'impureté il absorbera vingt fois plus de cette impureté que ne le fait le plateau ordinaire ; ce qui revient à dire que pour absorber une même quantité d'impureté l'augmentation du coefficient d'impureté du liquide du récipient D sera vingt fois moindre que pour le coefficient d'un plateau ordinaire.

De plus soit à ce récipient même, soit à l'un des plateaux voisins, de préférence à l'endroit où le liquide alcoolique se trouve être vers 90°, on place un robinet pour extraire les produits particuliers qui se comportent comme des produits de tête dans l'alcool à bas degré (dilué par exemple vers 40°), et comme des produits de queue dans l'alcool à haut degré (dès que l'alcool, par exemple, arrive vers 90°).

Pour certains alcools surtout, cette prise d'impuretés est certainement très importante.

Comme type et comme exemple des impuretés qui peuvent être comprises dans ce groupement, nous citerons l'isovalérate d'éthyle. Il va de soi qu'on pourrait multiplier ces prises d'impuretés, mais en pratique, il suffit de faire une prise spéciale unique en un point qui soit considéré comme le lieu englobant tous ces points.

Digitized by Google

Les vapeurs alcooliques sont parvenues au haut de la colonne B'B et se rendent au condenseur O.

Ces vapeurs alcooliques, très chargées de produits de tête, arrivent au bord du condenseur O par une communication à grande section, de façon à avoir presque égalité de pression entre ce condenseur et le sommet de la colonne. L'eau de circulation circule de haut en bas. L'ensemble de cette disposition a pour but d'obtenir que la rentrée au haut de la colonne du liquide provenant du condenseur soit bouillante pour que le plateau supérieur ait bien toute sa faculté d'analyse.

On dispose, dans l'intérieur des tubes du condenseur, des bâtons ou tubes pleins, d'un diamètre un peu moindre, pour que la circulation de l'eau ne se fasse que suivant une section annulaire, afin d'y obtenir une vitesse suffisante pour empêcher l'échauffement progressif d'y produire un contre-courant ascendant.

De plus, on maintient la constance de la pression dans le condenseur, et par suite au haut de la colonne, à l'aide du régulateur automatique d'alimentation. Entre le condenseur et son réfrigérant, et sur la conduite allant de l'un à l'autre, on place un robinet spécial *e*, à ouverture progressive et à cadran et vernier indicateurs.

Grâce à la constance de la pression dans le condenseur, on peut régler ce robinet pour obtenir au réfrigérant, puis à l'éprouvette, le débit jugé convenable.

Pour le faire varier en plus ou en moins, il suffira de faire varier en conséquence l'ouverture du robinet, en suivant les indications du cadran et du vernier, ce qui est très facile.

Revenons donc maintenant à l'alcool épuré tombé dans le soubassement de la colonne BB'.

Il ne contient plus que de l'alcool *bon goût* et des *produits de queue* et se rend immédiatement, d'une façon continue et bouillant, dans la colonne dite *à bon goût cc'*, à hauteur du plateau de réduction.

Cette colonne a pour effet d'extraire les produits de queue et de produire l'alcool rectifié final à l'état de pureté. Elle reçoit tout l'alcool provenant de l'alimentation, moins seulement les produits de tête qui ont été éliminés par la colonne BB'; elle doit donc le rendre en totalité aux éprouvettes, sinon

Digitized by Google

le surplus partirait forcément avec l'eau résiduaire rejetée au dehors, du bas du tronçon d'épuisement E.

La vapeur de chauffage est introduite dans le soubassement de E et sa quantité en est réglée par un régulateur spécial FF', à l'action directe et à régime variable à la main.

Au fur et à mesure que les plateaux s'élèvent dans la partie supérieure de la colonne C'C, ils s'enrichissent et se chargent d'alcool de plus en plus pur, parce que les produits de queue sont refoulés vers la partie moyenne et le bas, en raison même de l'augmentation de la richesse alcoolique. Les vapeurs parvenues au haut de la colonne sont très pures; elles se rendent au condenseur O' qui est disposé identiquement au condenseur O de la colonne BB' qui a été décrite.

Les vapeurs alcooliques destinées à l'éprouvette C du bon goût sont extraites au sommet du condenseur O' par un robinet à ouverture progressive et à cadran indicateur muni d'un vernier, semblable à celui décrit plus haut, de façon à pouvoir régler et modifier à volonté le débit de l'appareil. Ces vapeurs se rendent au réfrigérant et de là à l'éprouvette, comme d'ordinaire.

Comme dans la colonne BB, d'extraction des produits de tête, on a placé à la partie supérieure de la colonne à bon goût un récipient, identique au récipient D déjà décrit. Il a pour but de constituer une réserve d'alcool à très haut degré en cas d'arrêt de la colonne, de telle façon que l'on puisse reprendre immédiatement le même degré à l'éprouvette dès la remise en route. En outre, il peut éventuellement arrêter et emmagasiner les traces de produits de queue qui pourraient parvenir accidentellement jusque-là, et les empêcher d'aller jusqu'au condenseur et à l'éprouvette.

La marche de tout l'ensemble est réglée de façon à maintenir sur le plateau qui correspond au point de concentration maximum des huiles le degré alcoolique convenable, soit vers 38-40°, par exemple, d'une façon semblablement invariable.

Ce plateau ne laisse passer que les vapeurs montantes sans laisser rétrograder directement le liquide sur le plateau du dessous.

L'alcool est donc obligé de passer de ce plateau, par la conduite M, dans le *récipient-accumulateur* H qui est d'une grande

Digitized by Google

capacité relative ; il y circule lentement et sans remous pour rentrer ensuite, par le tuyau N, sur le plateau suivant et sans alimenter la partie E de la colonne faisant fonction de colonne d'épuisement.

L'accumulateur H, qu'on entoure d'une matière isolante pour éviter le refroidissement, remplit ainsi une double fonction :

1° C'est un accumulateur-régulateur susceptible d'absorber les excès momentanés d'alcool qui se produisent dans la colonne et de les restituer en temps opportun, et *vice versa*, de façon à rendre stable le régime de marche du système.

Le point délicat, dans la conduite des colonnes marchant à très haut degré, est d'obtenir l'équivalence entre l'alcool sortant des colonnes par les éprouvettes et l'alcool qui y est introduit par l'alimentation des vins, équivalence sans laquelle, ou bien le degré baisse à l'éprouvette du bon goût, ou bien une partie de l'alcool part au dehors avec les eaux résiduaires, si l'on n'y remédie assez à temps. Or, l'emploi de l'accumulateur pare à cet inconvénient, car, à l'endroit où il agit, le liquide alcoolique peut très bien baisser ou augmenter de 5°, par exemple, sans que cela ait une répercussion appréciable, soit sur les plateaux du haut, soit sur l'épuisement du bas, et sans qu'il se produise un déplacement sensible dans le classement sur les autres plateaux.

En donnant, par exemple, à ce récipient une capacité de vingt hectolitres, il absorbera ou restituera deux hectolitres d'alcool à 100° pour une variation totale de 10° de son liquide alcoolique, soit 5° en plus ou en moins du degré moyen normal. Il parera ainsi très facilement pendant quatre heures à une insuffisance ou à un excès d'alimentation correspondant à 50 litres d'alcool à 100° à l'heure sur le coulage aux éprouvettes.

2° Ce récipient sert aussi à l'extraction des huiles par une prise spéciale ménagée à sa partie supérieure ; dès que ces huiles y sont assez concentrées pour se séparer en globules dans la masse soumise au repos, ces globules se séparent pendant la traversée du récipient-accumulateur et se réunissent à sa partie supérieure pour y surnager ; on en règle l'extraction par un petit robinet à cadran et vernier, de façon à main-

Digitized by Google

tenir toujours une couche surnageante suffisante si l'on veut avoir ces huiles isolément.

Des glaces, à hauteur convenable, permettent de voir ce qui se passe à l'intérieur du récipient-accumulateur.

Comme il se trouve toujours des produits de queue autres que les huiles susceptibles de surnager, il est ménagé d'autres prises d'extraction pour ces produits de queue intermédiaires sur les plateaux qui correspondent le mieux à leur maximum de concentration. Cette extraction secondaire se fait, soit d'une façon continue, soit d'une façon intermittente, de manière à maintenir la colonne en bon état de marche, suivant la nature des flegmes.

En général on obtient, en prenant les vapeurs directement de la distillation des moûts fermentés, de 90 à 92 p. 100 d'alcool rectifié à l'état de bon extra-fin, et de 8 à 10 p. 100 pour l'ensemble des produits de tête et de queue.

B. — Colonne d'extraction des produits de tête

La figure 102 représente des applications de l'appareil de Distillation-Rectification directe, système Guillaume, du type 1899.

C est une application générale de cet appareil à une colonne à distiller verticale ordinaire, faite dans le but de la démonstration du principe.

Dans ce système de distillation-rectification directe, l'ordre des opérations de la rectification est inversé; c'est-à-dire que l'extraction des produits de tête est faite comme opération finale, par une redistillation spéciale, alors que l'extraction des produits de queue et la concentration de l'alcool à très haut degré sont faites en premier lieu et au moyen des seules vapeurs alcooliques brutes, constituant les flegmes, qui proviennent de la colonne à distiller.

D'une façon générale, voici comment est réalisé industriellement ce procédé.

La colonne à distiller les vins A étant quelconque, les vapeurs alcooliques brutes qui en proviennent vont au bas de la première colonne de rectification B pour remonter ensuite sur les plateaux. Le liquide de rétrogradation qui tombe au bas de la

Digitized by Google

colonne B rentre dans la colonne A par *b*, comme le ferait la rétrogradation ordinaire d'un chauffe-vin.

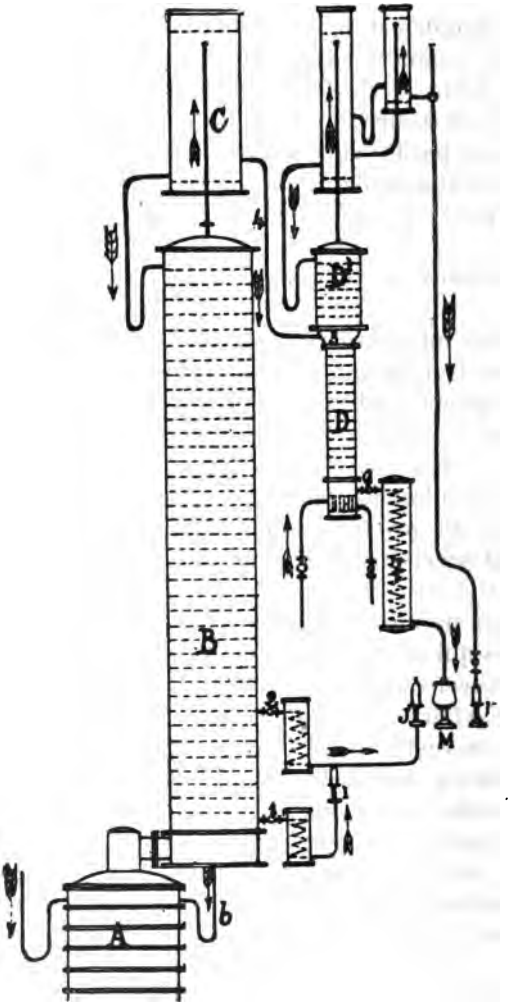


Fig. 102. — Colonne d'extraction des produits de tête,

Au premier plateau au-dessus de l'arrivée des vapeurs brutes dans B (ou à l'un des plateaux avoisinants), le robinet I per-

Digitized by Google

met de faire une extraction continue des produits de queue les moins volatils, lesquels vont, après refroidissement, à l'éprouvette I.

De plus, à l'un des plateaux sur lesquels la richesse alcoolique du liquide est de 90 à 94° G. L., c'est-à-dire toujours plus de 90°), les robinets 2 permettent de faire une autre extraction continue pour la catégorie des produits de queue les plus volatils, c'est-à-dire des produits de queue qui sont entraînés le plus haut par les vapeurs alcooliques et qui ne deviennent suffisamment solubles dans l'alcool bouillant, pour s'y arrêter que lorsque ce dernier atteint déjà un très haut degré alcoolique.

Ces produits se rendent après refroidissement à l'éprouvette J.

Il est très important de faire cette extraction spéciale pour éviter une trop grande accumulation de la catégorie des produits de queue dont le maximum de concentration sur les plateaux est le moins éloigné de la partie supérieure de la colonne, c'est-à-dire le plus rapproché de la sortie des vapeurs alcooliques allant au condenseur 1, ou à la colonne d'extraction finale des produits de tête.

Ce sont précisément ces impuretés, d'un caractère spécial, qui constituent les moyens goûts et font que la proportion en est plus ou moins grande dans la rectification ordinaire; ce sont elles qui prolongent quelquefois indéfiniment la période de ces moyens goûts.

Faute de faire, au point indiqué ici, l'extraction de ces impuretés, il en resterait certainement encore dans les vapeurs alcooliques à haut degré allant à la colonne DD'; ce qu'il faut surtout éviter, parce qu'on ne pourrait plus les éliminer ensuite et parce que ces produits ne pourraient sortir que par le haut ou par le robinet 1 placé dans le bas. Or, leur maximum de concentration se trouvant sur un plateau intermédiaire entre ce haut et ce bas, ils se partageraient pour partir des deux côtés.

Les vapeurs alcooliques qui sortent du condenseur C (dont la quantité peut être réglée soit par le passage de l'eau au condenseur, soit par un robinet), sont à très haut degré; elles sont complètement débarrassées de tous les produits de

Digitized by Google

queue, mais elles contiennent encore tous les produits de tête; elles se rendent directement, par le tuyau 4, dans la deuxième colonne D D^1, à hauteur du tronçon de réduction 3.

La concentration des produits de tête s'opère dans la partie supérieure D^1, alors que leur distillation proprement dite s'opère dans la partie D, le soubassement de cette partie D étant chauffé en conséquence. (Le fonctionnement de cette colonne d'extraction des produits de tête est, du reste, identique à celui de la colonne d'épuration finale des alcools à haut degré, système Guillaume, dont la description est faite plus loin).

Les produits de tête, concentrés et refroidis, vont à l'éprouvette K; et l'alcool neutre achevé sort par 6, au fur et à mesure de son arrivée au bas de D, pour aller au réfrigéraut 7, et de là, à la grande éprouvette M.

C. — Colonne d'épuration des produits achevés

La figure 103 représente l'installation de la distillation-rectification directe, système Guillaume, type 1896, avec l'adjonction d'une colonne d'épuration finale des alcools achevés du type 1899.

Cette installation comprend : 1° Distillation des moûts par une colonne inclinée Guillaume;

2° Séparation des produits de tête;

3° Extraction des produits de queue et concentration de l'alcool à haut degré;

4° Épuration finale des alcools achevés, par redistillation des produits récemment formés se comportant comme des produits de tête.

D. — Colonne inclinée

La figure 104 représentent la colonne dite inobstruable syst. Guillaume.

Cette colonne peut se construire en fonte ou en cuivre; elle a été spécialement conçue en vue de travailler les moûts épais; mais elle convient également pour la distillation des moûts clairs, surtout dans les distilleries de moyenne ou de petite importance.

Digitized by Google

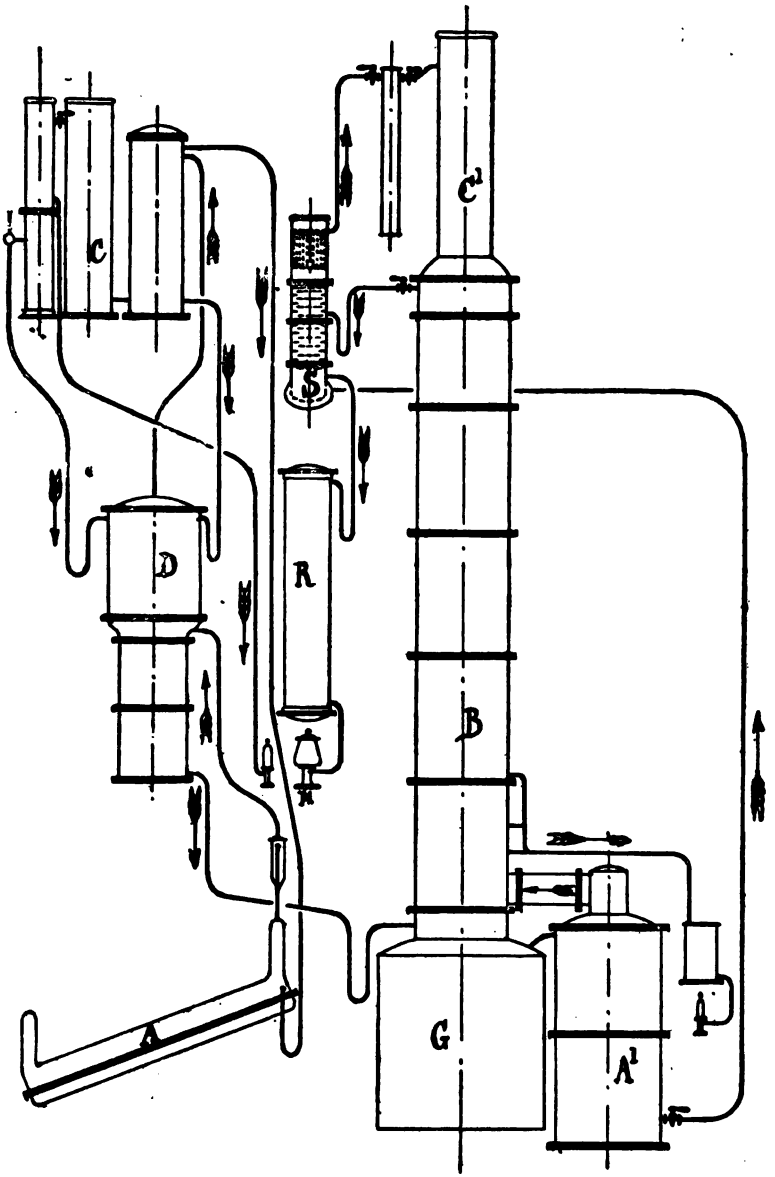


Fig. 103. — Colonne d'épuration des produits achevés.

Digitized by Google

Elle se compose d'une partie supérieure divisée en plusieurs compartiments pour former des chambres de vapeur, et d'un fond incliné sur lequel les moûts à distiller qui arrivent par la tubulure *1*, circulent à pleine section sans rencontrer aucun obstacle, alternativement de droite à gauche et de gauche à droite, en descendant, pour arriver dans le dernier compartiment au bas de la colonne.

La section de circulation de ce moût est demi-circulaire, de façon à favoriser l'écoulement en empêchant toute zone de repos.

La vapeur de chauffage arrive par la tubulure *2*, passe en barbotant de compartiment en compartiment, par dessous tous les diaphragmes *3*, pour arriver au compartiment supérieur *4* et se rendre dans le dôme *5*, faisant fonction de brise-mousse, puis, soit au chauffe-vin, au réfrigérant et à l'éprouvette s'il s'agit de produire des flegmes à bas degré, soit à un tronçon ou à une colonne comprenant des plateaux de concentration en nombre suffisant s'il s'agit de produire des flegmes ou des alcools à haut degré.

Il est bien entendu que le nombre des plateaux de cette colonne de concentration sera en rapport avec l'élévation du degré alcoolique que l'on veut obtenir.

Pour les moûts très mousseux, on peut intercaler un brise-mousse complémentaire sur la conduite des vapeurs alcooliques, après leur sortie du dôme de la colonne à distiller.

Les moûts épuisés de leur alcool étant arrivés dans le compartiment inférieur sont extraits de la colonne à distiller *d'une façon continue*, en passant par la tubulure *6* au moyen d'un extracteur *BB'*.

Extraction des moûts épuisés. — La partie supérieure de cet extracteur communique par le tuyau *7* avec le dôme de la colonne à distiller; il se compose d'un récipient supérieur contenant un flotteur qui actionne directement un coulisseau obturateur servant de valve, pour la sortie des moûts épuisés. Grâce à la communication 7, l'équilibre de pression se fait entre la boîte à flotteur de cet extracteur et le dôme de la colonne à distiller. de telle façon que le liquide contenu dans la colonne à distiller,qui ne rencontre devant lui aucun obstacle à son écoulement (autre que celui de barbotage de la vapeur

Digitized by Google

qui se fait à sa surface dans chaque compartiment) tend à s'élever dans l'extracteur au même niveau que celui qu'il a dans le compartiment supérieur de la colonne à distiller. Or, lorsque ce niveau s'élève, le flotteur se soulève d'autant,

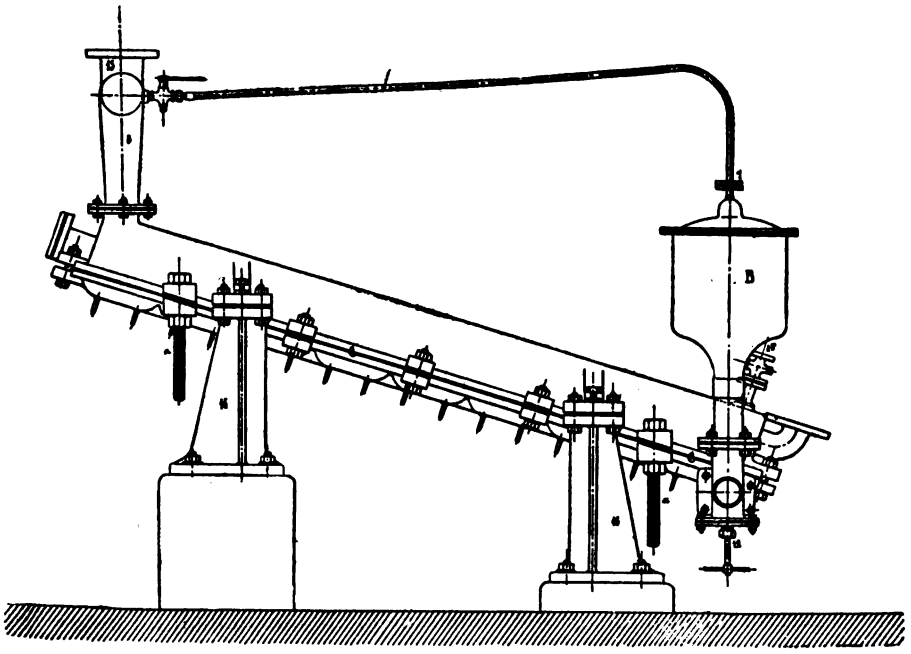


Fig. 104. — Colonne inclinée Guillaume.

ainsi que le coulisseau valve, qui détermine la sortie des moûts épuisés de la colonne. Si le niveau du liquide s'abaisse dans la colonne à distiller, l'inverse se produit.

La section verticale et la section rabattue en plan de cette colonne indiquent d'ailleurs la circulation du liquide, la circulation de la vapeur, l'état de chaque compartiment en marche normale, l'arrivée des moûts à distiller, la sortie des moûts épuisés d'alcool, l'arrivée de la vapeur de chauffage, la sortie des vapeurs alcooliques allant, soit au condenseur-chauffe-vin, soit au tronçon de concentration à haut degré.

Le robinet *15* est destiné à fournir une prise de vapeur, afin de pouvoir contrôler l'épuisement des moûts distillés.

Digitized by Google

E. — Rectificateur continu Guillaume.

Le rectificateur continu Guillaume repose sur les mêmes principes et comporte à peu près les mêmes organes que l'appareil de distillation rectification directe du même inventeur déjà décrit plus haut.

Cet appareil opère sur des flegmes qu'on y introduit à l'état liquide, au lieu d'opérer sur les vapeurs sortant d'une colonne à distiller, comme dans l'appareil de distillation rectification directe système Guillaume.

Les flegmes sont reçus dans un réservoir A muni d'un agitateur qui a pour but de régler le degré moyen. Une pompe les porte dans le réservoir R qui alimente d'une façon continue l'appareil. Le debit est réglé par le robinet V. Fig. 105.

Ces flegmes avant d'entrer dans l'appareil proprement dit par la tubulure K peuvent circuler dans un appareil placé en contre-bas à la sortie des vinasses épuisées et dans lequel les flegmes entrant sont chauffés au moyen des vinasses qui sortent de la colonne d'épuisement E. Les flegmes déjà chauds sont donc introduits à la partie supérieure dans la colonne B par la tubulure K.

La colonne B′ surmontée de la colonne R sert à l'extraction des produits de tête et le condenseur spécial O est chargé de faire rétrograder sur les plateaux de la colonne B les liquides qui, au fur et à mesure qu'ils descendent de plateau en plateau, se purifient de plus en plus pour arriver absolument débarrassés des produits de tête au bas de la colonne B′.

Le robinet *e* placé sur le condenseur O extrait la proportion voulue de produits de tête, refroidis ensuite dans le réfrigérant P et recueillis à l'éprouvette G′.

La colonne C ou colonne à bons goûts reçoit donc à sa partie inférieure les liquides traités et indemnes des têtes. Ces produits vaporisés s'élèvent dans cette colonne et s'y concentrent de plus en plus pour arriver au condenseur O′ d'où un robinet *e′* extrait l'alcool éthylique qui se condense dans le réfrigérant P et est recueilli à l'éprouvette G.

Le récipient H qui est placé au-dessous de la colonne à bons goûts est l'*accumulateur volant* qui a été décrit dans l'appareil de distillation-rectification directe Guillaume. Son rôle est, on

Digitized by Google

l'a vu, de donner à l'appareil la régularité sans laquelle il serait impossible d'obtenir de bons résultats. C'est un volant régulateur susceptible d'absorber les excès momentanés d'alcool qui peuvent se produire dans la colonne et les y restituer sans que la marche générale en soit affectée, de façon à rendre bien stable le régime de la colonne.

Par suite de la lenteur de circulation des liquides dans ce récipient, les huiles y surnagent et sont extraites par un robinet spécial. Les *produits de queue* sont recueillis également dans l'éprouvette J.

Après avoir séjourné dans le récipient accumulateur H, le liquide alcoolique traverse la colonne d'épuisement E au bas de laquelle il arrive sans contenir la moindre trace d'alcool, et d'où il est rejeté au dehors.

La vapeur de chauffage, dont le débit est réglé automatiquement par le régulateur F, à régime variable (décrit précédemment), est introduite au bas de la colonne d'épuisement et au bas de la colonne d'extraction des produits de tête B′ par le robinet *b*.

L'appareil comporte également des régulateurs automamatiques d'alimentation d'eau V et V′.

Dans cet appareil les fractionnements des produits de tête, des produits de queue et de l'alcool éthylique sont absolument nets. L'expérience a montré que l'alcool est débarrassé d'une façon absolue d'aldéhyde lorsqu'il quitte le bas de la colonne B′ pour entrer dans la colonne à bons goûts.

Le rectificateur continu Guillaume permet d'obtenir un rendement en extra-fin à 96°,5 au moins, supérieur à 90 0/0 et dépassant souvent 92 0/0, de la totalité de l'alcool distillé.

Il n'y a plus aucune repasse à faire, les mauvais goûts de tête et de queue sortant très concentrés.

F. — Transformation des rectificateurs discontinus.

On peut appliquer le système Guillaume à la transformation des rectificateurs discontinus déjà installés, de façon à les faire profiter des avantages résultant des installations nouvelles, tout en utilisant l'ancien matériel.

La figure 106 représente une de ces transformations. L'exa-

Digitized by Google

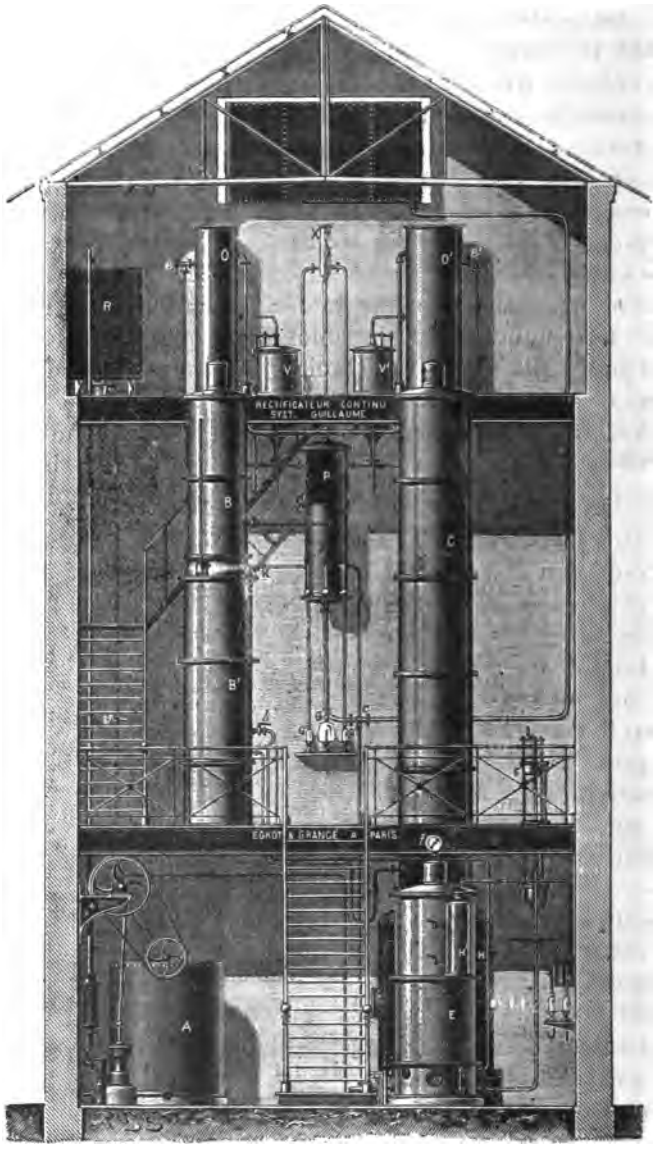


Fig. 105. — Rectificateur continu.

Digitized by Google

men de cette figure montre la chaudière d'un appareil à rectifier un système quelconque, la colonne et le réfrigérant n'étant pas figurés.

La colonne *BB'* et la colonne *A*, ainsique le tronçon du bas de la colonne de rectification *C* sont les parties nouvelles que l'on adaptera au rectificateur ordinaire.

Au-dessus de la chaudière existante du discontinu *H*, on placera un tronçon nouveau *C*, dont la partie supérieure est composée de plateaux ordinaires. La partie inférieure a une disposition spéciale : les vapeurs alcooliques provenant de la colonne d'épuisement *EE* (ajoutée) sont introduites par *K* ; *m* est le trop plein du plateau immédiatement supérieur et descend jusque près du plateau plein pris dans le premier joint de la colonne au-dessus de la chaudière. *n* est une cheminée d'échappement d'air de la chaudière ; cette dernière n'est plus chauffée.

q est le trop plein descendant dans la chaudière.

Celle-ci, dont tous les accessoires actuels sont enlevés, sert d'accumulateur-volant-extracteur d'huiles; elle remplit l'office du récipient *H* dont nous avons déjà parlé précédemment. Les huiles surnageantes sont extraites par le robinet *h* et les autres produits de queue sont extraits, quand il en est besoin, par l'un des robinets h_1, h_2.

Sur le côté de la chaudière est placée une colonne ordinaire EE pour l'épuisement continu du liquide rétrogradant de la chaudière par le tuyau prolongeur s_1 et le tuyau *u*; l'eau épuisée sort constamment par Z du soubassement de cette colonne d'épuisement.

Le chauffage de l'ensemble se fait par une introduction de vapeur en *x* sur le soubassement précité. Un thalpotasimètre *t* est placé en tête de cette colonne *EE* pour le contrôle des variations de la richesse alcoolique en ce point, et par conséquent dans la chaudière utilisée comme « accumulateur volant ».

La colonne d'extraction des produits de tête *BB'* reçoit son alimentation par le tuyau *I* soit en vapeurs alcooliques provenant directement de la colonne à distiller, soit en flegmes ramenés au degré convenable, suivant qu'il s'agit d'une rectifi-

Digitized by Google

cation après distillation, ou bien d'une simple rectification de flegmes.

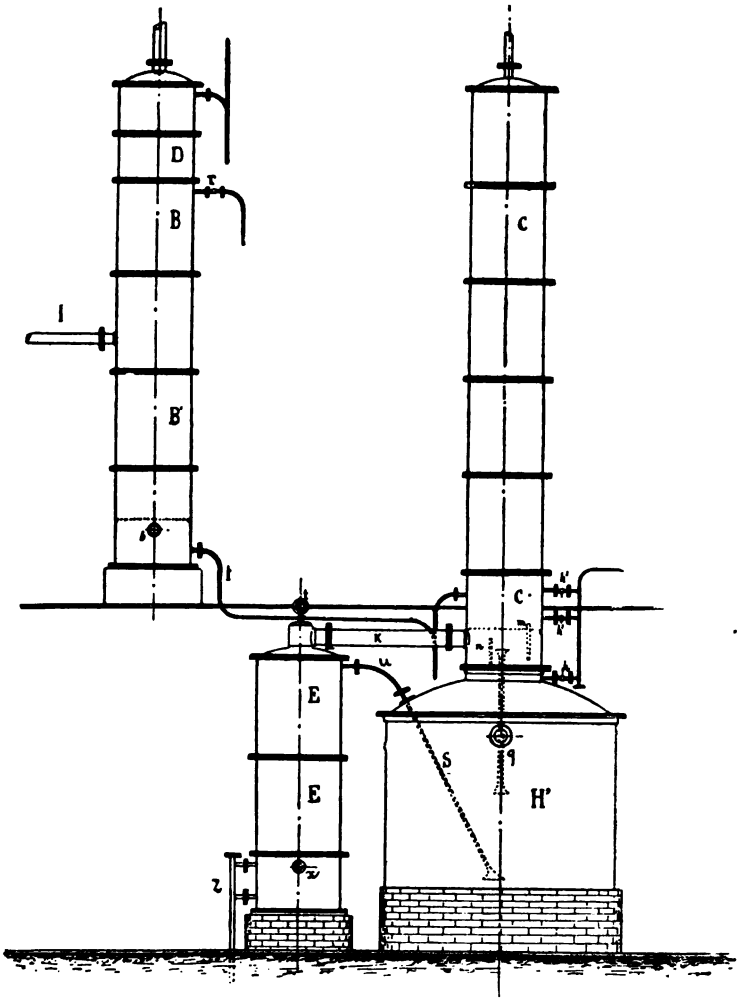


Fig. 106. — Trans formation d'un rectificateur discontinu en rectificateur continu.

La colonne d'extraction des produits de tête contient un récipient volant *D*, qui reçoit l'alcool rétrogradant au-dessous

Digitized by Google

des quelques plateaux à partir du haut de la colonne et le restitue après l'emmagasinage au plateau immédiatement inférieur. Ce récipient remplit le même office que celui qui a été déjà décrit pour la colonne d'extraction de tête employée dans une installation neuve. De même, un robinet d'extraction *r* est placé sur l'un des plateaux supérieurs pour pouroir faire, en cas de besoin, une extraction de produits de tête particuliers, comme il a été déjà expliqué.

Pour ces transformations, on utilise les condenseur et réfrigérant existants, en y appliquant le régulateur automatique d'alimentation d'eau et le robinet à ouverture progressive règlable à la main, pour pouvoir régler à volonté les vapeurs allant du condenseur au réfrigérant et à l'éprouvette bon goût.

Le liquide alcoolique provenant de la colonne d'extraction de produits de tête, et complètement expurgé de ces derniers produits, entre d'une façon continue dans la colonne rectificatrice par la conduite *f*.

G. — Colonne d'épuration des alcools pour rectificateur discontinu.

La figure 107 représente l'application du procédé d'épuration finale des alcools à haut degré du système Guillaume à la rectification discontinue.

H. — Régulateurs automatiques de vapeur a régime variable.

Cet appareil est constitué par le régulateur classique du genre Savalle, dont le récipient supérieur contenant le flotteur est supporté sur les tiges filetées par l'intermédiaire d'écrous pignons qui peuvent être actionnés ensemble à la main par une même chaine Galle, de façon à pouvoir augmenter ou diminuer à volonté la hauteur comprise entre le récipient inférieur et le récipient supérieur.

La tige qui manœuvre le papillon de distribution de vapeur est extensible pour satisfaire à la variation de position du récipient supérieur.

Enfin, le dessous du récipient inférieur porte un fourreau dans lequel vient se loger et coulisser le tuyau plongeur par

Digitized by Google

lequel passe le liquide se rendant au récipient supérieur. On comprend immédiatement le fonctionnement de la variation de régime de ce régulateur.

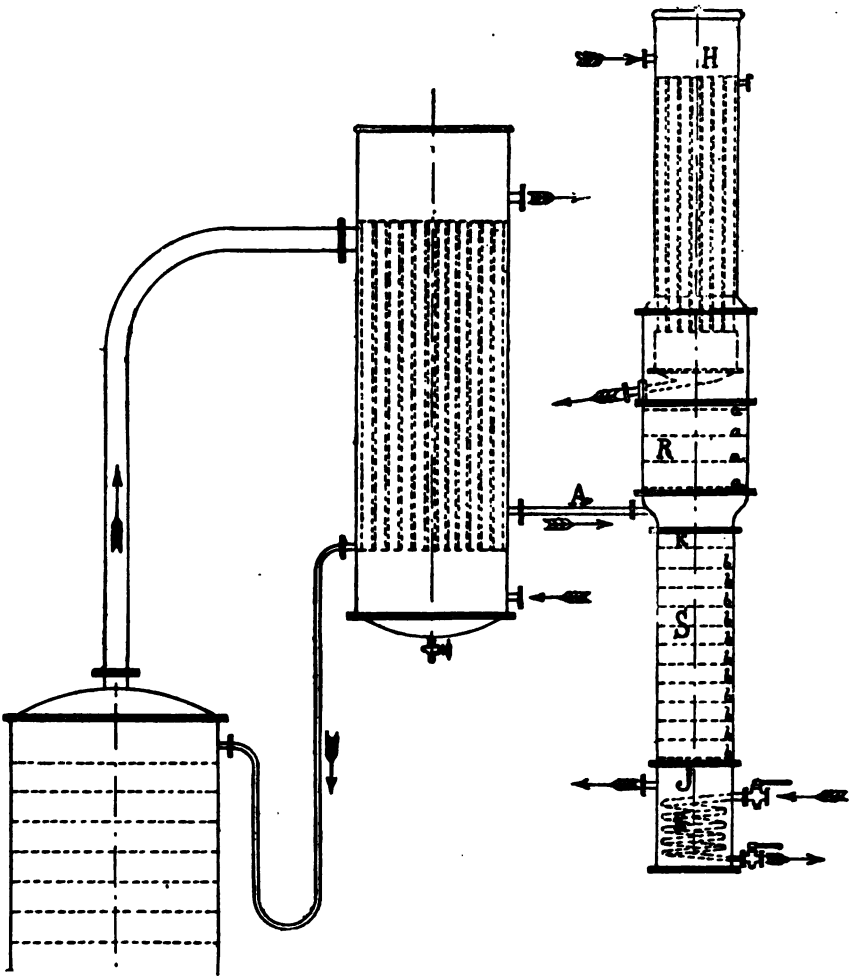


Fig. 107. — Colonne d'épuration des alcools pour rectification discont

Digitized by Google

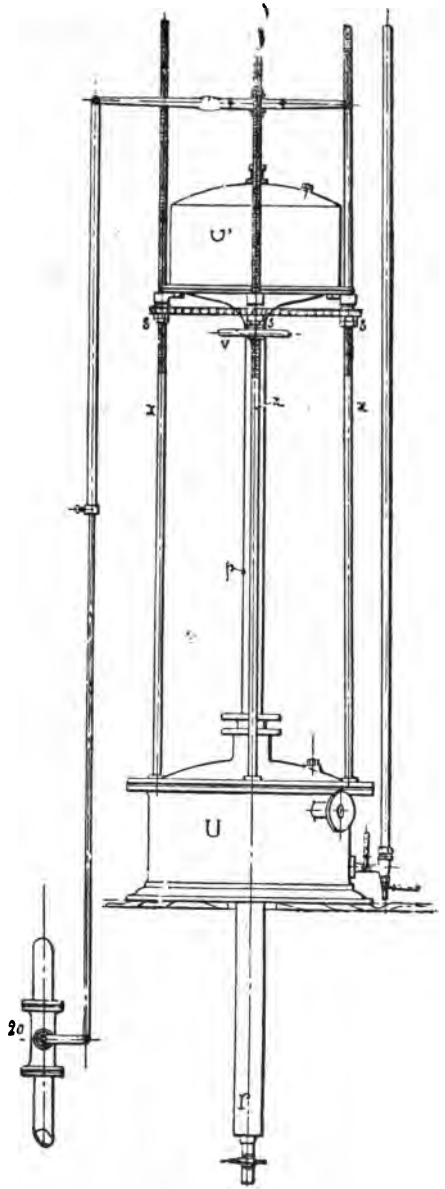


Fig. 108. — Régulateur a régime variable

Digitized by Google

7. Epuration de l'alcool par le charbon.

Le charbon, surtout le charbon de bois, constitue jusqu'à présent le moyen le plus estimé et le moins coûteux pour l'épuration des alcools. En Allemagne les petites distilleries se contentent souvent, pour préparer des eaux-de-vie de consommation, d'épurer les flegmes par une filtration sur le charbon de bois, sans rectification ultérieure.

Le charbon a, en outre de la propriété de décolorer, celle d'absorber les substances odorantes. Cette propriété est d'ordre physique ; on l'attribue à la grande porosité du charbon qui retient dans ses pores les matières odorantes.

Mais cette action du charbon est aussi une action chimique, du moins au début. Par suite de sa porosité, le charbon se sature d'air et on sait que le charbon fraîchement calciné, exposé à l'air, absorbe plusieurs fois son volume d'air. L'oxygène de l'air, qui est ici le seul facteur important, se trouve condensé dans le charbon et y exerce dès lors une action chimique très énergique.

Cet oxygène est mis en contact avec l'alcool et ses impuretés pendant la filtration et produit, par suite, une oxydation qui s'arrête avec l'absorption de l'air en présence. Toutefois, l'action chimique du charbon semble jouer un rôle plus grand que son action physique, pendant la filtration.

Quant à la qualité et à la provenance du charbon nous ferons remarquer qu'on recherche surtout les charbons de bois non résineux, écorcés, le tilleul, le bouleau plutôt que le charbon du commerce qui contient souvent des parties imparfaitement calcinées renfermant des matières pyrogénées qui communiquent à l'alcool un goût désagréable et le déprécient. Lorsqu'on a reconnu la présence de ces matières par la flamme claire avec laquelle brûlent ces matières, il faut calciner le charbon avant de l'employer. A cet effet, on se sert d'un four analogue à un four de boulanger dont la sole est formée par une grille. On met le feu au charbon, ou le ringarde fréquemment, on le réduit en morceaux de la grosseur d'une noix, et on le calcine jusqu'à ce qu'il ne dégage plus que des flammes bleues et qu'il donne un son clair.

Digitized by Google

Afin que les mauvais goûts soient absorbés le plus complètement possible, on dilue l'alcool avec de l'eau avant la filtration, à 40° et même à 25° G L, suivant la quantité d'impuretés qu'il contient. L'expérience a montré que le charbon n'épure bien que l'alcool suffisamment dilué.

La grosseur des morceaux de charbon varie suivant le mode d'emploi pour l'épuration.

L'ancien procédé consiste à mettre le charbon bien pulvérisé dans l'alcool, et à laisser le tout en contact pendant 24 à 48 heures en remuant souvent. L'alcool est ensuite soutiré.

On se sert dans ce but de bacs bien fermés, en tôle, analogues aux anciens filtres des sucreries et portant à la partie inférieure un trou d'homme pour la sortie du charbon. Un agitateur se trouve à l'intérieur du filtre.

Le charbon qui reste après le traitement retient de l'alcool; on le recueille dans un bac et on le distille après addition d'un peu d'eau. Ce charbon ne peut plus être employé à l'épuration et c'est là la cause pour laquelle le charbon n'est que peu utilisé en distillerie. D'autre part, la pulvérisation du charbon est un procédé incommode à cause de la poussière désagréable qui se dégage.

Aujourd'hui on opère différemment et à froid par filtration de l'alcool sur le charbon. On emploie pour cela dans les petites usines des filtres en bois, ou en tole, ayant 2 mètres de hauteur, un diamètre de 0,75 à 1 mètre qu'on remplit de 200 kilogrammes de charbon. Directement sur le fond se trouve une tôle perforée avec une futaine au-dessus. L'alcool après filtration est presque exempt de fusel; les faibles traces d'impuretés qui restent sont partiellement oxydées par l'oxygène absorbé par le charbon et l'eau-de-vie prend, au bout d'un certain temps, un arome agréable que ne présentent pas celles faites avec de l'alcool rectifié.

Dans les grandes distilleries on emploie au lieu de filtres en bois, des filtres en tôle de 5 à 8 mètres de hauteur, de 1 mètre de diamètre, et on les réunit au nombre de 3 ou 5 en forme de batterie. Ces filtres communiquent entre eux et sont munis de soupapes et de la tuyauterie nécessaire, de crépines et de trous d'homme. Chaque filtre peut être isolé sans interruption du travail, être vidé et chargé de nouveau.

Digitized by Google

On emploie pour la filtration du charbon obtenu par double calcination, exempt de poussière et de grosseur variant entre celle d'une noix et celle d'une noisette.

L'alcool est dilué au degré voulu dans un bac, puis il pénètre dans le filtre par le haut, et circule dans toute la batterie. Le premier filtre qui reçoit l'alcool est bientôt mis hors de service, on le remplace par un filtre neuf; le second devient le premier dans la batterie et le filtre neuf devient le dernier, c'est-à-dire qu'on fait arriver l'alcool du réservoir dans le second filtre, et on s'arrange de façon à faire passer l'alcool d'abord par les filtres les plus anciens, ensuite par les filtres plus récents et enfin par les filtres fraîchement renouvelés.

On reconnaît qu'un filtre est devenu inactif par l'essai de l'alcool qui en sort; pour faciliter ce contrôle on peut munir le filtre d'un robinet d'essai. Lorsqu'un filtre est usé, l'alcool en sort tel qu'il est entré; souvent même il est plus souillé, ayant entraîné des huiles de fusel retenues par le charbon. On vide alors le filtre et on le traite par la vapeur. A cet effet, le filtre est muni au bas d'un tuyau d'arrivée de vapeur directe qui y pénètre sous le faux fond; les vapeurs sortent par le sommet du filtre et se rendent dans un réfrigérant. La vapeur entraîne l'alcool et les huiles de fusel retenues par le charbon : le liquide condensé constitue un mélange trouble qui se sépare au repos en flegme et en huiles de fusel.

Avec de bons appareils à distiller et à rectifier on peut fabriquer de l'alcool fin, quelle que soit la matière première employée, et propre à la fabrication des eaux-de-vie et des liqueurs. Mais, lorsqu'il s'agit d'alcool destiné à remonter les vins, à couper les cognacs fins ou à fabriquer de la parfumerie fine, il est indispensable de diluer l'alcool et de filtrer sur le charbon de bois convenablement préparé. Il appartient donc aux raffineurs d'alcool de s'inspirer en cela du goût et des exigences de leur clientèle.

On ne possède que peu de renseignements sur la pratique de la filtration des flegmes par le charbon et sur les pertes d'alcool qui en résultent. Ainsi, par exemple, ces pertes varient entre 0,75 et 3,5 p. 100 de l'alcool étendu d'après les uns, tandis que certains constructeurs de filtres affirment que la perte d'alcool pendant la filtration est nulle. Avec un travail

Digitized by Google

bien conduit on peut admettre en moyenne une perte de 1 p. 100 et au plus de 1,5 p. 100.

Cette perte est surtout causée par l'air qui remplit les interstices entre les morceaux de charbon et qui se sature d'alcool pendant la filtration. Lorsque l'alcool pénètre dans le filtre, il déplace cet air, qui entraîne de l'alcool. De même pendant la vidange du filtre on fait rentrer de l'air qui se sature encore d'alcool.

L'oxydation est favorisée, car elle s'exerce surtout sur l'aldéhyde qu'elle transforme en acide. C'est pourquoi la filtration bien conduite n'élimine pas seulement les mauvais goût de queue, mais aussi ceux de tête à raison de 70 p. 100.

Pour réduire autant que possible la perte d'alcool pendant la filtration, il faut expulser l'air du filtre par de la vapeur avant d'y faire passer l'alcool. Lorsque l'air est expulsé, on ferme la soupape de vapeur, ainsi que les autres soupapes. Le vide partiel dû au refroidissement du filtre facilite ensuite beaucoup le chargement du filtre avec l'alcool dilué.

Cependant on ne peut éliminer l'air complètement et il faut même qu'il en reste une certaine quantité pour l'oxydation de l'aldéhyde. Cet air est complètement absorbé par l'alcool. Si l'air est encore en trop grande quantité dans le filtre, il se forme des lièvres ou chambres d'air que l'alcool ne pénètre pas. Il est important d'empêcher la rentrée d'air pendant la vidange du filtre. C'est pourquoi, lorsqu'on fait arriver de la vapeur dans la partie inférieure du filtre pour extraire l'alcool retenu par le charbon, l'air resté dans le filtre, complètement saturé d'air est expulsé du filtre et se perd dans l'atmosphère ; même lorsque le filtre fonctionne très bien, il est difficile d'éviter complètement la perte d'alcool. Pour empêcher l'entrée de l'air au moment de la vidange du filtre, on lance un jet de vapeur par le haut du filtre pour refouler jusqu'à un certain point l'alcool qui s'y trouve. Après la vidange du filtre, on ferme la soupape de vapeur du haut et on ouvre celle du bas ; finalement on ferme également cette dernière, on ouvre le robinet de communication avec le réfrigérant et on condense les vapeurs alcooliques qui se dégagent du filtre. La poussière de charbon ne peut être employée que pour la filtration des eaux-de-vie.

Digitized by Google

Pour obtenir de bons résultats dans l'épuration de l'alcool il faut, en outre, remplir les conditions suivantes. On doit filtrer à une température aussi basse que possible et employer un charbon très actif, qui ne contienne pas trop de poussière parce qu'elle empêche la répartition uniforme de l'alcool dans les filtres.

Diverses sortes de bois peuvent être employées à la préparation du charbon pour filtres ; l'essentiel est que ces bois n'aient pas une densité trop grande qui diminuerait la porosité du charbon. En outre, le prix du bois ne doit pas être trop élevé. Il est vrai que la surface de contact du charbon provenant d'un bois très dense est plus grande que celle du bois léger, mais en pratique cette considération n'a aucune importance, attendu que la rapidité avec laquelle l'alcool pénètre dans l'intérieur du charbon et en sort ensuite épuré, est plus faible que pour le charbon poreux provenant de bois légers. Il en résulte que les charbons lourds ne doivent être employés que pour les batteries puissantes. Les frais de revivification sont plus faibles avec les charbons lourds, mais l'efficacité du charbon diminue considérablement après quelques revivifications. Pour les filtrations de faible importance, et où l'on n'a pas intérêt à revivifier le charbon, il est préférable d'employer le charbon de bois dur, tel que celui de hêtre.

L'usure du charbon par suite de la formation de poussière est naturellement plus grande pour les charbons légers et poreux ; on atténue en partie cet inconvénient en disposant les fours à revivifier de manière à empêcher autant que possible la formation des poussières.

La plupart des grandes raffineries emploient presque exclusivement du charbon de pin.

Le bon charbon de bois doit être exempt de matières empyreumatiques et l'hectolitre ne doit pas peser plus de 15 kilogrammes lorsque la grosseur ne dépasse pas celle d'nne noisette et au plus celle d'une noix.

Revivification du charbon. — La revivification du charbon de bois se fait aujourd'hui presque exclusivement par deux procédés :

1° D'après l'ancien système du four Schatten ;

Digitized by Google

2° D'après le système de Hœper au moyen de la vapeur surchauffée.

Dans l'ancien procédé, le charbon est d'abord exposé sur une sole pour y subir la dessiccation. Cette sole consiste en plaques de fonte disposées sur des carneaux traversés par les gaz de la combustion venant du four à calcination. Ces carneaux sont parallèles. A l'entrée des gaz, les cornues ovales sont en fonte ou en terre réfractaire. Le charbon desséché entre par le haut du four et sort calciné à sa partie inférieure par parties qu'on extrait toutes les quinze à vingt minutes. Les ouvertures inférieures sont étagées et placées sur trois à quatre rangées pour faciliter l'extraction.

Le foyer du four est disposé de telle sorte que les gaz de la combustion traversent en même temps tous les tubes. Le combustible le plus employé est le coke de gaz.

Pendant toutes ces manipulations du charbon il se forme naturellement beaucoup de poussière qui donne lieu à une perte notable en charbon. On peut atténuer cette perte en donnant à la sole une inclinaison telle, que le charbon versé sur la grille pour la dessiccation avance de lui-même et se rende au fur et à mesure dans les cornues de calcination.

Malgré les perfectionnements qu'on a apportés au four Schatten, on n'a pu éviter la combustion de la partie du charbon qui touche les parois des cornues, tandis que le charbon du centre est insuffisamment revivifié. En outre, il reste à l'intérieur des pores des parcelles d'impuretés qui finissent par les obstruer, de sorte que le charbon est de moins en moins actif après revivification.

Cet inconvénient est entièrement supprimé dans le procédé de Hœper qui consiste à extraire les huiles contenues dans les pores du charbon au moyen de la vapeur surchauffée. La vapeur surchauffée pénètre dans les pores du charbon et en chasse complètement les impuretés volatiles. Ce traitement a pour effet d'agrandir les pores du charbon plutôt que de les diminuer, de sorte que l'activité du charbon reste constante. Mais, pour que ce procédé donne de bons résultats à tous les points de vue, il est nécessaire que la température de la vapeur atteigne 600° C, que le charbon soit porté lui-même à plus de 400° de manière qu'il s'enflamme instantanément si on y laisse

Digitized by Google

arriver de l'air. Cette combustion ne doit durer qu'un moment si l'on veut que le charbon revivifié agisse comme le charbon neuf.

Le procédé Hœper est donc préférable à l'ancien procédé.

Hœper a récemment renforcé le pouvoir filtrant du charbon de bois en y mélangeant un produit obtenu par la calcination d'oxyde de manganèse et d'alcalis. L'inventeur mélange du peroxyde de manganèse, de la chaux vive et un alcali caustique ou carbonaté et calcine ce mélange à une haute température. Le produit est pulvérisé après calcination et mélangé au charbon dans les filtres ; on attribue à cette addition une influence très favorable sur le rendement en alcool fin. Cette masse est revivifiée, en même temps que le charbon, par la vapeur surchauffée. Ce traitement consiste en somme à faire agir un permanganate sur l'alcool, procédé breveté par Maumené et d'autres.

Pour compléter ce que nous venons de dire de la filtration sur le charbon végétal, nous indiquerons encore un autre procédé très intéressant en lui-même et qui pourrait être appelé à acquérir une certaine valeur au point de vue pratique. Ce procédé repose sur la filtration des vapeurs d'alcool.

Mœller emploie ce filtre pour fractionner les liquides à points d'ébullition différents ; mais, pour cela, il est nécessaire de condenser une certaine portion de la vapeur produite pendant la rectification. Quand, dans la rectification, on chauffe et déflegme, les vapeurs alcooliques formées s'enrichissent de plus en plus en alcool et acquièrent une pureté de plus en plus grande, parce que les impuretés lourdes, à point d'ébullition plus élevé, se condensent les premières et se déposent en forme de gouttelettes sur les parois ou restent suspendues sous forme de vésicules dans la vapeur. Pour empêcher ces vésicules de fusel et autres gouttelettes de liquide entraînées de passer dans le réfrigérant et dans le produit de la rectification, Mœller intercale un filtre à vapeur.

La matière filtrante est formée de deux couches de gaze métallique fine qui enveloppe le filtre, et de deux de coton épais qui recouvrent la toile métallique.

Le filtre Mœller se place entre le déflegmateur et le réfrigérant de l'appareil à rectifier.

Digitized by Google

Pendant la rectification, la vapeur qui arrive de la colonne passe dans le déflegmateur où une grande partie (1/2 à 2/3) se condense sur les parois de cet appareil. L'autre partie, à l'état vésiculaire ou de gouttelettes, reste suspendue dans la vapeur et passe avec elle dans le filtre. Dans celui-ci toute partie liquide se sépare, tandis que la vapeur pure traverse le filtre et va au réfrigérant. Le liquide condensé dans le filtre atteint souvent 30 et 40 0/0 du poids de la vapeur qui traverse ce dernier. Le liquide condensé dans le filtre, de même que le liquide rétrogradant du déflegmateur, s'écoulent dans la colonne par sa partie supérieure. L'action du filtre consiste à laisser passer les mauvais goûts de tête au début de la rectification, tandis qu'il condense et retient les mauvais goûts de queue et l'alcool éthylique, qui retourne dans la colonne. Il retient de même les huiles de fusel pendant la *période bon goût*, celles qui sont entraînées accidentellement par une ébullition trop vive et enfin celles qui sont vaporisées dans la période des produits de queue. Il s'ensuit, d'après l'inventeur, qu'on obtient un rendement en bon goût supérieur de 10 0/0.

Reinke s'exprime favorablement sur les résultats fournis par le filtre Mœller qu'il considère comme recommandable chaque fois qu'il s'agit de préparer des alcools fins. En installant un filtre semblable à la place du déflegmateur, on aura dans le produit de la rectification les impuretés qui se vaporisent à basse température et qui donnent à l'alcool de seigle, par exemple, son arome caractéristique, tandis que l'alcool amylique sera éliminé.

Comme on le voit, le filtre Mœller a pour effet de compléter la rectification et de suppléer à ce que le déflegmateur peut avoir d'incomplet. Cette manière de voir, qui est celle de Mœller, n'est cependant pas partagée par tous. En supposant même qu'il se forme dans le déflegmateur des vésicules de fusel, il appartient au constructeur d'appareils à rectifier de ne pas laisser pénétrer celles-ci dans le réfrigérant, ce qui n'est guère difficile, quand ce dernier est bien construit. Mais lorsque le déflegmateur est mal construit, le filtre Mœller peut rendre de bons services.

R. et A. Collette emploient le charbon de bois en poudre et

Digitized by Google

se servent d'un filtre-presse à lavage. Après l'opération on distille le charbon et on le revivifie dans un four à pots.

Iseli traite le charbon en poudre par les alcalis et les sels de magnésie pour la revivification. Le charbon placé dans les filtres méthodiques est traversé par le flegme. Mais avant cette opération on le lave à l'eau pour dissoudre les sels.

Digitized by Google

CHAPITRE IX

ANALYSE DES ALCOOLS.

Nous avons déjà donné, au chapitre VIII un aperçu des impuretés contenues dans les flegmes et en partie dans les alcools rectifiés. La présence de ces corps étrangers doit être attribuée soit à la matière première employée pour la fabrication de l'alcool, soit au mode de travail, soit encore à la présence de microorganismes étrangers et à la conduite de la fermentation. Enfin, le mode de distillation et les appareils employés semblent aussi être la cause de la présence d'un certain groupe d'impuretés.

Comme *impuretés accidentelles*, signalons l'hydrogène sulfuré, le sulfure de carbone, des huiles sulfurées et les combinaisons allyliques, qui se forment en partie pendant la distillation. L'alcool peut, en outre, renfermer des oxydes alcalins formés par la dissolution de certaines parties métalliques.

Les *impuretés régulières* sont les aldéhydes, les alcools supérieurs, les acides gras et les éthers composés.

Dans les alcools de mélasse et de betterave on rencontre, en outre, des amines et des bases pyridiques.

1. Recherche des alcools supérieurs

A. Détermination qualitative.

a. Essai olfactif. — On frotte quelques gouttes d'alcool dans le creux de la main; s'il contient du fusel, l'odeur persiste longtemps et très distinctement. On peut encore mettre quelques gouttes d'alcool dans un verre. Par l'évaporation, il se produit une odeur caractéristique, piquante, d'acétone ou d'aldéhyde. Lorsque l'alcool est évaporé, on perçoit nettement l'odeur caractéristique du fusel.

Ce procédé est simple, mais insuffisant. Cependant, il four-

Digitized by Google

nit dans la plupart des cas et dans l'usine des renseignements précieux pour la marche des appareils. Bien souvent des alcools dans lesquels les réactifs ne décélaient aucune trace de matière étrangère étaient impropres à la consommation et possédaient une odeur désagréable due à la présence de quantités infinitésimales d'une impureté très odorante.

b. Procédé Hager. — On étend l'alcool à 30° environ, on y ajoute un peu de glycérine et on humecte quelques morceaux de papier à filtrer avec ce mélange. Après évaporation de l'alcool, on essaie l'odeur. Pour de très faibles quantités de fusel on prend un rouleau de papier à filtrer qu'on met dans un tube de verre de 20 centimètres, on remplit ensuite ce tube du mélange alcoolique ci-dessus. On fait écouler le liquide en excès, on place le tube horizontalement et au bout d'un ou deux jours, on procède à l'examen olfactif en aspirant l'air du tube avec le nez.

c. Procédé Otto. — D'après Otto, on mélange l'échantillon d'alcool avec de l'éther, on sépare l'éther par une addition d'eau et on décante. Après évaporation de l'éther, l'alcool amylique reste et se reconnaît à l'odeur. Si l'on oxyde le résidu par le chromate de potasse et l'acide sulfurique on obtient, si l'échantillon contient de l'alcool amylique, une odeur pénétrante d'acide valérianique.

d. Procédé Jorrisson. — Ce procédé consiste à mélanger à 100 centimètres cubes de l'alcool, à essayer, 10 gouttes d'aniline incolore et 2 à 3 gouttes d'acide chlorhydrique. Si l'alcool contient du fusel, même dans la proportion de 0,1 p. 100, il se produit une coloration rouge.

Si la quantité de fusel est plus faible, on étend une plus grande quantité d'alcool avec 100 cm³ d'eau, on agite avec du chloroforme et on fait évaporer ce dernier. On opère avec le résidu comme ci-dessus.

e. Les réactions indiquées par Savalle, Eckmann, Bang, etc., et basées sur la coloration de l'alcool après addition d'acide sulfurique sont en général moins sensibles, car la coloration est moins produite par la présence de l'alcool amylique ou d'al-

Digitized by Google

cools à point d'ébullition plus élevé que par d'autres impuretés, telles que les aldéhydes et le furfurol.

Nous décrirons cependant le *diaphanomètre* de Savalle autrefois très proné en France. Cette méthode est basée sur l'hypothèse, inexacte d'ailleurs, que l'intensité de la coloration produite par l'acide sulfurique concentré dans un alcool indique la teneur en impuretés de cet alcool. Windisch, qui a fait des essais avec ce procédé, a pu mélanger 15 p. 100 d'alcool amylique à l'alcool sans qu'il se produise de coloration par l'acide sulfurique ; d'autre part, 0,001 de furfurol suffit pour donner la coloration critique.

Savalle employait 10 mélanges d'alcool pur à 95° avec des quantités croissantes de fusel de 0,01 à 0,1 p. 100 et il chauffait avec un volume égal d'acide sulfurique. On obtenait ainsi les types qui devaient servir à comparer tous les dosages futurs. Mais, comme ces flacons sont incommodes à conserver, Savalle les a remplacés par des plaques de verres colorées qui, par leur superposition donnent toutes les gammes de coloration.

Lorsqu'on veut essayer des eaux-de-vie, il est nécessaire de les distiller au préalable, car la densité peut être influencée par des matières solides ajoutées. On prend ensuite la densité au moyen de la balance de Mohr et on ramène à 20 p. 100 en volume.

La hauteur qu'atteint le liquide dans le tube, comparée à celle qu'atteint l'alcool pur à 20°, donne empiriquement la teneur de l'eau-de-vie en fusel.

Si le liquide à examiner contient des éthers, on ajoute un peu de potasse avant la distillation pour les saponifier et pour les empêcher de passer dans le produit de la distillation.

Ajoutons qu'une erreur, même d'un demi-degré alcoolique, dans la détermination de la densité peut être négligée, car la hauteur du liquide dans le tube capillaire pour un alcool à 20° ou 20°,5 ne présente qu'une différence de 0 mm. 4, correspondant à 1/20 p. 100 de fusel.

La détermination de la densité par la balance est donc suffisante. La dilution exacte à 20° Gay-Lussac est d'autant moins nécessaire que, même à 10° ou 22°, les diminutions de la hauteur du tube capillaire sont les mêmes que pour 20°. On a calculé pour cette dernière force une échelle dans laquelle

Digitized by Google

1 p. 100 d'alcool représente avec le tube de Traube environ 0^{mm}, 9. Les variations de température n'exercent également qu'une action très faible.

D'après les recherches de Stutzer et Reitmair, le capillaromètre de Traube peut parfaitement servir à déterminer rapidement la teneur en fusel ; mais s'il s'agit d'un dosage exact, il faut employer le procédé de Rœse.

b. Procédé de Rœse. — La méthode de Rœse repose sur ce que le chloroforme exerce sur les homologues supérieurs de l'alcool éthylique un pouvoir dissolvant plus élevé que sur ce dernier. Si l'on connaît le pouvoir de saturation pour l'alcool pur d'une concentration donnée, qui est constant dans des conditions égales, on peut, en se basant sur l'augmentation de la couche chloroformique dans le cas d'un alcool impur de même densité, conclure à la quantité de fusel qui y est contenu, en se basant sur une échelle construite empiriquement.

La méthode de Rœse repose donc sur l'augmentation du volume d'une couche chloroformique qu'on a agitée avec le liquide alcoolique. Lorsque le liquide contient beaucoup de fusel, l'augmentation de volume est plus grande que pour l'alcool éthylique pur.

Parmi les autres corps contenus dans l'alcool, l'aldéhyde, les éthers, les acides volatils agissent de la même façon et tous augmentent la couche de chloroforme. Les matières extractives non volatiles agissent de même.

Les huiles essentielles agissent en sens contraire ; elles ne sont solubles qu'en très petites quantités dans les alcools modérément dilués, et très solubles dans l'alcool fort ; elles passent alors complètement dans ce dernier et influent défavorablement sur le chloroforme en modifiant son équilibre de dissolution.

Il est nécessaire de détruire l'influence défavorable de ces corps si l'on veut que la méthode soit d'un usage général. Les matières extractives, qu'on rencontre souvent en assez grande quantité dans les eaux-de-vie de bouche, sont éliminées par distillation. Les éthers et les acides volatils existent seulement en très petite quantité ; on les décompose ou on les fixe par addition d'un alcali pendant la distillation. Les aldéhydes,

Digitized by Google

dont la quantité peut être plus grande lorsque les mauvais goûts de tête sont mal séparés ou ont été mélangés intentionnellement à l'alcool, ne modifient presque pas l'équilibre de solubilité, lorsqu'on distille avec une lessive alcaline l'alcool qui les contient. Les huiles essentielles sont le plus difficiles à éliminer ; bien qu'elles bouillent à haute température, elles passent avec l'alcool à la distillation.

Une addition de quelques gouttes de lessive de soude ou de potasse a pour effet de rendre les produits de leur distillation plus difficilement solubles dans le chloroforme et l'alcool.

La première opération à faire pour l'application du procédé Rœse consiste à soumettre à la distillation les liquides alcooliques qui contiennent des matières autres que de l'alcool et du fusel.

La seconde opération consiste à déterminer la densité, la force alcoolique du liquide et à le ramener à 30° G-L. ; on détermine la densité du produit distillé à l'aide du pycnomètre et on en déduit la teneur en alcool à l'aide de la table de Hehner. L'alcool doit être exactement amené à 30° G.-L., c'est-à-dire que sa densité doit être de 0.96564. S'il contient plus de 30° G.-L., on doit l'étendre d'une quantité d'eau correspondante. L'eau à ajouter se calcule par la formule suivante :

Soit V la teneur en alcool du produit distillé en degrés centésimaux et X la quantité d'eau à ajouter pour amener le liquide à 30°. Après addition de X eau, le volume sera égal à 100 + X qui contiendront V centimètres cubes d'alcool. On a donc la proportion $\frac{100+X}{V}=\frac{100}{30}$. D'où

$$X=\frac{100\,V-3.000}{30}=\frac{10\,V-300}{3}=\frac{10\,V}{3}-100.$$

L'analyse se fait de la manière suivante : on mesure 10 centimètres cubes d'alcool et on y ajoute 10 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré ; on chauffe dans un petit ballon jusqu'à ébullition. On verse ensuite dans un flacon approprié et on détermine l'intensité de la coloration en rapportant à l'une des plaques types.

f. Procédé Uffelmann. — L'échantillon à essayer est d'abord agité avec de l'éther, puis mélangé d'eau pour séparer celui-

Digitized by Google

ci. La couche supérieure d'éther est décantée et évaporée dans une capsule de porcelaine. Pour faire la réaction on se sert de violet de méthyle fraîchement dissous dans l'eau (1 partie de violet et 100 parties d'eau). A cette solution on ajoute de l'acide chlorhydrique à 2 p. 100 jusqu'à ce qu'elle devienne verte.

Au résidu de la capsule on ajoute trois à quatre fois son volume de solution de violet. Si ce résidu contient du fusel, il se forme aussitôt à la surface du liquide vert des gouttelettes colorées en bleu rougeâtre.

B. Analyse quantitative

a. Dosage du fusel par le capillaromètre de Traube. — Ce procédé repose sur ce fait que la hauteur capillaire d'une solution aqueuse de matières organiques d'une série à pourcentage égal, diminue souvent avec l'augmentation du poids moléculaire du corps dissous. Par conséquent, si un alcool ou un liquide alcoolique renferme peu de fusel, il s'élèvera moins dans le tube capillaire, après une dilution déterminée.

Le capillaromètre se compose d'un tube capillaire étroit fixé à une échelle graduée en demi-millimètres. L'échelle se termine au 0 en deux pointes qui sont placées exactement au niveau de la surface du liquide au moyen d'un support à vis.

Le tube capillaire doit être tenu très propre, nettoyé à l'alcool et à l'eau après chaque essai et être desséché par un courant d'air qui a passé dans l'acide sulfurique. On aspire deux ou trois fois le liquide dans le tube et au bout de quelques secondes on observe le point où il s'arrête, c'est-à-dire la surface inférieure du ménisque.

Avec un peu d'habitude, il est facile de lire avec certitude le 1/10 de millimètre sans le secours de la loupe,

L'alcool doit être étendu à 20° Gay-Lussac, ce qui est facile avec la table suivante de Traube.

Pour faire l'essai d'un liquide, il faut que les deux pointes soient exactement en contact avec le niveau du liquide alcoolique, puis on aspire le liquide deux ou trois fois avec un tube de caoutchouc très propre, et après une minute on lit la hauteur du ménisque intérieur.

Digitized by Google

La contraction du mélange d'alcool et d'eau n'entre pas en ligne de compte dans ce calcul. Il faut donc s'assurer que le degré 30 est bien obtenu réellement.

Si l'alcool est plus faible que 30°, il faut ajouter de l'alcool absolu dont on calcule la quantité comme suit :

Soit X l'alcool à ajouter en centimètres cubes, V le degré de l'eau-de-vie à remonter ; 100 cm³ de l'eau-de-vie renferment V centimètres cubes d'alcool ; si l'on y ajoute encore X centimètres cubes d'alcool absolu, les 100 + X centimètres cubes de liquide renfermeront V + X d'alcool. Comme l'alcool final doit avoir 30°, la quantité d'eau-de-vie ramenée à sa teneur en alcool sera comme 100 : 30. On a donc :

$$\frac{100 + X}{V + X} = \frac{100}{30}\text{; d'où } X = \frac{300 - 10\,V}{7}.$$

Il faut encore dans ce cas s'assurer du degré final après l'addition de l'alcool, car on ne tient pas compte ici de la contraction. Cela est d'autant plus nécessaire qu'un dixième de degré G.-L. influe sur la hauteur du chloroforme de + 0 cm³ 03.

Pour l'exécution de la méthode Rœse on se sert du tube construit par Rœse et modifié plus tard par Herzfeld, Soxhlet, Stutzer.

Le cylindre inférieur se terminant en boule, mesure 20 cm³ jusqu'au trait 20 ; il sert à recevoir le chloroforme anhydre distillé et ramené à la température de 15° C. Le remplissage se fait au moyen d'un entonnoir à boule dont le tube plonge jusqu'au fond de l'appareil à secouer. Le tube gradué a un diamètre de 4 mm. 2 et contient 2 cm³ 5. Ce tube est divisé en 0 cm³ 2. Le tube entier de 2 cm³ 6 a une longueur de 18 cm. Un centimètre cube mesure donc 7 cm 2 et 0 cm³ 2 1 mm. 45.

La poire supérieure renferme environ 180 à 200 cm³, elle contient tout le liquide : 100 cm³ alcool, 20 cm³ de chloroforme et 1 cm³ d'acide sulfurique. Elle est fermée par un bouchon.

L'analyse se fait de la façon suivante : L'appareil nettoyé à la potasse, à l'acide nitrique fumant, à l'alcool et à l'éther, puis desséché, est placé dans de l'eau dont la température est exactement 15° C. On y introduit ensuite avec un long entonnoir 20 cm³ de chloroforme également à 15° C., de manière que

Digitized by Google

le ménisque intérieur atteigne exactement le trait 20. On ajoute 100 cm³ de l'alcool à 15° de température et à la densité de 0.96564 à 15°5, puis 1 cm³ d'acide sulfurique à D = 1.2857. On ferme avec un bouchon, on fait couler le liquide dans la poire et on agite énergiquement cent cinquante fois. On remet dans le bain froid et on laisse au repos pendant quinze minutes à 15°, en faisant subir à l'appareil un mouvement giratoire autour de la verticale, afin que les gouttes de chloroforme se rassemblent. On termine par la lecture du niveau du ménisque de chloroforme.

Fig. 109. — Tube de Rœser.

L'augmentation de volume du chloroforme, comparée avec celle de l'alcool pur à 30% donne la teneur en fusel.

La table suivante, calculée par Sell, permet de trouver la quantité de fusel d'après l'augmentation de volume, le fusel étant exprimé en alcool amylique.

La table commence à 21 cm³ 64, c'est-à-dire au nombre qui correspond à la hauteur capillaire de l'alcool pur.

Les hauteurs capillaires de l'alcool correspondent aux quantités suivantes d'alcools supérieurs.

Un calcul simple permet de connaître la teneur réelle en fusel de l'alcool analysé.

La méthode modifiée de Rœse est, d'après Bücheler, la plus exacte de toutes celles qui ont été proposées jusqu'ici, en admettant toutefois que la concentration de l'alcool, la température de 15° ainsi que toutes les autres conditions de l'analyse soient exactement remplies.

2. — Recherche de l'aldéhyde

1° La méthode de détermination de l'aldéhyde repose sur sa propriété de réduire la solution ammoniacale de nitrate d'argent. Suivant la quantité et la nature de l'aldéhyde, il se produit une précipitation d'argent métallique qui colore la liqueur

Digitized by Google

depuis le rouge jusqu'au gris foncé. La coloration est d'autant plus intense qu'il y a plus d'aldéhyde en présence. Il peut encore se former un miroir d'argent sur les parois du ballon.

D'après Tollens, on emploie comme réactif un mélange des solutions suivantes : 3 grammes de soude caustique dans 30 grammes d'eau et 3 grammes de nitrate d'argent dans 30 grammes d'ammoniaque (D = 0,923). On mélange ces solutions et on les emploie au bout de quelques jours de préparation. Elles se conservent plusieurs mois dans l'obscurité.

Table pour la détermination du fusel.

CM^3 lus.	FUSEL 0/0 en volume	CM^3 lus.	FUSEL 0/0 en volume	CM^3 lus.	FUSEL 0/0 en volume
21.64	0	21.86	0.1459	22.08	0.2918
21.65	0.0066	21.87	0.1525	22.09	0.2984
21.66	0.0133	21.88	0.12914	22.10	0.3050
21.67	0.0199	21.89	0.1658	22.11	0.3117
21.68	0.0265	21.90	0.1724	22.12	0.3183
21.69	0.0332	21.91	0.17904	22.13	0.3249
21.70	0.0398	21.92	0.1857	22.14	0.3316
21.71	0.0464	21.93	0.1923	22.15	0.3382
21.72	0.05305	21.94	0.1989	22.16	0.3448
21.73	0.0597	21.95	0.20554	22.17	0.35144
21.74	0.0663	21.96	0.2122	22.18	0.3581
21.75	0.07294	21.97	0.2188	22.19	0.3647
21.76	0.0796	21.98	0.2255	22.20	0.37134
21.77	0.0862	21.99	0.2321	22.21	0.3780
21.78	0.0928	22.00	0.2387	22.22	0.3846
21.79	0.0995	22.01	0.24535	22.23	0.3912
21.80	0.0061	22.02	0.2520	22.24	0.3979
21.81	0.1127	22.03	0.2586	22.25	0.4045
21.82	0.1194	22.04	0.26524	22.26	0.4111
21.83	0.1260	22.05	0.2719	22.27	0.4178
21.84	0.1326	22.06	0.2785	22.28	0.4244
21.85	0.1393	22.07	0.2851	22.29	0.4310

2° Une solution de fuchsine est colorée en violet intense par l'aldéhyde. Gayon et Dupetit déterminent par cette réaction la présence de l'aldéhyde et des acétones dans l'alcool. Dans une solution composée de 1 gramme de fuchsine dans 1 litre d'eau on verse 20 cm^3 d'une solution de bisulfite de soude à 30° Bé. Au bout d'une heure, la décoloration est assez achevée et on ajoute 10 cm^3 d'acide chlorhydrique pur et concentré.

L'alcool à essayer est réduit à 50° avec de l'eau ; à 2 cm^3 de cet alcool on ajoute dans un petit verre à expérience 1 cm^3 de réactif. On agite et on laisse reposer. Une coloration violette indique la présence de l'aldéhyde.

Digitized by Google

Cette réaction permet de déceler $\frac{1}{50000}$ [illegible] d'aldéhyde.

Rondreger fait à la réaction de Gayon le reproche que l'air vers. recolore la solution en rouge en peu de temps.

2° La réaction de Wintlen est très sensible et très caractéristique. On opère de la manière suivante :

On prend avec la pointe d'un canif une petite quantité de chlorhydrate de métaphénylène-diamine, qu'on dissout dans le double de son poids d'eau bouillie distillée, et on verse cette solution encore chaude, goutte à goutte, dans l'alcool à essayer, qu'on a placé dans une capsule de porcelaine blanche. La solution du réactif coule au fond et forme au contact de l'alcool une coloration allant du jaune rouge au jaune clair, suivant la quantité d'aldéhyde en présence.

Les nombres suivants montrent la sensibilité de la réaction :

1 : 100 = 1 0 0 d'aldéhyde.		Zone immédiatement jaune, rougeâtre foncé
1 : 200 = 0,5	—	— —
1 : 500 = 0,2	—	— —
1 : 1,000 = 0,1	—	Zone immédiate jaune foncé.
1 : 10,000 = 0,01	—	— — jaune
1 : 100,000 = 0,001	—	La zone jaune est visible en une minute.
: 200,000 = 0,0005	—	Après quatre à deux minutes la zone est jaune faible, mais inappréciable.

Lorsqu'on analyse un alcool rectifié, il est bon de distiller 500 cm³ et de faire l'essai sur les cent premiers centimètres cubes du produit de la distillation.

La réaction doit se produire en 36 secondes. Si l'on prolonge plus longtemps, l'alcool, même pur, donne une coloration jaune, par suite de la formation d'aldéhyde, au contact de l'air.

Le réactif doit être chimiquement pur et être conservé sec. La solution doit être préparée au moment de s'en servir. D'après les indications de Traube, la fluorescence verte est un caractère certain; une teneur de $\frac{1}{100000}$ 0/0 d'aldéhyde peut encore être décelée par ce moyen.

Pour le dosage quantitatif de l'aldéhyde, il n'existe pas encore aujourd'hui de méthode absolument exacte. L'essai par

Digitized by Google

la leucaniline d'après Gayon peut conduire dans certaines circonstances au dosage colorimétrique de l'aldéhyde.

4° Traube a proposé récemment d'employer la tension de la vapeur pour la détermination physique des produits de tête en utilisant un vaporimètre de Geissler avec double échelle prolongée.

5° On traite 10 cm³ d'alcool par 4 cm³ du mélange suivant :

Eau distillée.....	1.000 cm³
Bisulfite de soude à D = 1.308.....	100
Fuchine à 1/1000 dissoute dans l'eau.....	150
SO^4H^2 pur..	15

On obtient une coloration rouge plus ou moins foncée selon la quantité d'alhédyde. La coloration est maxima après vingt minutes de contact. On peut aussi se servir de ce procédé pour opérer colorimétriquement au moyen de types donnés renfermant des quantités données d'aldéhydes.

6° La méthode de Barbet est basée sur l'emploi des phénols.

Dans un tube à essai on met quelques centigrammes d'un phénol, puis on ajoute 1 cm³ de l'alcool à essayer, jusqu'à dissolution. On verse ensuite 2 cm³ d'acide sulfurique pur en le faisant couler le long de le paroi du tube à essai. Si l'alcool renferme des aldéhydes, il se produit une coloration au plan de séparation des deux liquides. Si on agite le tube, la teinte obtenue est variable, suivant le réactif et la nature des aldéhydes. Le phénol avec l'acroléine donne une teinte héliotrope, tandis que la résorcine et le thymol donnent un anneau bleu pâle, le pyrogallol donne du violet lie de vin, la phloroglucine du rouge ponceau. L'aldéhyde formique est caractérisée par l'acide gallique. Il suffit donc, pour caractériser les aldéhydes, de constituer des gammes de teintes, avec des échantillons synthétiques.

Les phénols employés par Barbet sont : phénol solide, α-naphtol, β-naphtol, résorcine, hydroquinone, pyrogallol, phloroglucine, gaiacol, thymol, acide gallique.

Les colorations obtenues avec ces phénols et avec les alcools chargés d'impuretés connues sont fixées au moyen de pains à cacheter de coloration bien identique et collés sur des feuilles de papier pour fixer la série des colorations obtenues.

Digitized by Google

3. Recherche du furfurol.

Le furfurol a été fréquemment constaté parmi les impuretés de l'alcool, mais la question reste ouverte de savoir si ce corps est régulier ou s'il n'existe qu'accidentellement dans l'alcool brut.

Lindet a employé l'acétate d'aniline pour reconnaître le furfurol et pour le doser approximativement. Lindet a trouvé que les produits alcooliques contiennent constamment du furfurol, lorsqu'ils sont distillés à feu nu ou lorsqu'ils proviennent d'un moût saccharifié par les acides. Dans le premier cas, le furfurol est produit par la caramélisation des matières solides en suspension dans la chaudière ; dans le second cas, le furfurol est dû à l'action des acides minéraux sur le son des grains pendant la saccharification.

Si le moût est produit sans l'emploi d'acide et si l'on distille à la vapeur, on n'obtient pas de réaction colorée avec l'acétate d'aniline, ce qui démontre l'absence du furfurol.

Udransky recommande pour déceler le furfurol, sa coloration par l'acide sulfurique et un peu de α-naphtol. La réaction est sensible.

Dosage du furfurol. — On prend 10 cm^3 d'alcool qu'on place dans un tube à essais. On ajoute 10 gouttes d'aniline incolore et 1 cm^3 d'acide acétique. Au bout de quelques minutes, on voit apparaître une coloration rouge dont l'intensité indique la quantité de furfurol.

4. Bases organiques.

Lindet dose les bases dans l'alcool d'après la méthode de Kjeldahl. Il ramène 0,5 à 1 litre d'alcool à 50°, puis il ajoute 20 grammes d'acide sulfurique pur. Après mélange on distille. L'acide sulfurique charbonne les substances non volatiles et le charbon séparé brûle en présence de l'acide en donnant de l'acide sulfureux. Aussitôt que la solution est devenue claire ; on ajoute 0 gr. 5 de mercure et on fait bouillir pendant une heure ou deux. On étend le liquide avec de l'eau, on l'introduit dans un appareil spécial de dosage de l'azote (appareil de Kjeldahl), on ajoute du sulfure de potas-

Digitized by Google

sium et de la potasse caustique, on fait bouillir et on recueille l'ammoniaque dans une solution d'acide sulfurique titré.

Morin ayant obtenu de la base isolée d'un alcool, 23,5 0/0 d'ammoniaque, Lindet s'est appuyé sur cette proportion pour calculer la quantité de base par l'ammoniaque extraite de divers alcools. Le procédé est très sensible et permet de doser jusqu'à $\frac{1}{1000000}$ de base.

	Ammoniaque mgr.	Bases —
Alcool de betterave, 74°.....	0,84	3,57
— 54°.....	1,04	4,42
— 58°.....	2,86	12,15
Mélasse de betterave 85°..	16,23	68,98
— 79°.....	18,09	76,88
— 79°..... .	19,24	81,77
— 71°.....	23,05	97,96

5. Acétone.

On ne connaît jusqu'ici aucun procédé exact de dosage de l'acétone. On peut employer la réaction de l'iodoforme d'après la méthode de Kraemer, ou mieux d'après celle de Messinger, Delachanal et Vincent. On traite l'alcool par un excès de solution d'iode et on dose l'excès d'iode par l'hyposulfite de soude. Le procédé n'est pas très exact parce que, à côté de l'acétone, il existe de l'aldéhyde. On prend 10 cm³ d'alcool dont la concentration est exactement connue. On introduit dans une fiole bouchée à l'émeri, on ajoute 7 cm³ de potasse normale, on agite. Puis on y fait couler 4 cm³ d'iode 1/10 normal, on agite jusqu'à ce que la solution soit claire, on acidifie par 7 cm³ d'acide chlorhydrique normal et on titre l'iode en excès par une solution 1/20 d'hyposulfite de soude jusqu'à décoloration. A ce moment on ajoute un peu d'empois d'amidon, et on retitre avec l'iode.

Les réactions sont les suivantes :

$$2\,CH^3 - CO.CH^2 + 12\,KOI = 2\,CH^2\,COCl^3 + 6\,KOH + 6\,KI$$
$$2\,CH^3\,CO.Cl^3 + 2\,KOH = 2\,CHI^3 + 2\,KC^2H^3O^2.$$

L'excès d'iode se trouve dans la liqueur à l'état d'hypoiodite de potasse et d'iodure de potassium :

$$2I + 2\,KOH = KOI + KI + H^2O.$$

Digitized by Google

Il faut donc 3 molécules d'iode pour 1 molécule d'acétone. Si m indique l'excès d'iode trouvé et y la quantité correspondante d'acétone en grammes, on a $y = \frac{58\,m}{762} = 0{,}07612\,m$. Si n est la quantité d'alcool employé dans l'analyse, l'acétone dans 100 cm³ sera de : 0,7612 m, si on a employé 10 cm³.

L'acétone se dose dans les alcools dénaturés et le méthylène au moyen de la méthode officielle suivante.

On prépare d'abord une solution 1/5 normale d'iode (127 gr. iode pur, 250 gr., iodure de potassium, eau q.s. pour faire 5 litres); puis une solution d'hyposulfite de soude 1/20 normale (62 gr. 025 hyposulfite de soude séché à l'air, faire 5 litres après avoir ajouté 15 cm³ soude caustique).

On prépare en outre une solution de soude caustique à 80 gr. NaOH par litre et une solution 100 gr. SO^4H^2 par litre. Ces deux liqueurs se neutralisent exactement.

La dernière liqueur est une solution d'empois d'amidon (5 gr. amidon, 500 cm³ eau). On fait bouillir et on complète à 1 litre avec de l'eau salée.

Pour faire un dosage d'acétone : 1° on prend 20 cm³ de méthylène et on complète à 1 litre avec de l'eau, en agitant;

2° On prend 30 cm³ de soude qu'on met dans un flacon de 250 cm³ et on ajoute 20 cm³ de solution de méthylène.

3° On verse l'iode (environ 55 cm³) et on laisse dix minutes en agitant.

4° On verse 30 cm³ acide sulfurique pour que la solution soit acide.

5° On ajoute l'hyposulfite de soude jusqu'à décoloration presque complète. On ajoute 4-5 cm³ d'empois et on continue d'ajouter l'hyposulfite jusqu'à complète décoloration. Soit n le nombre de cm³ trouvés et N l'iode employé. La formule $\left(N - \frac{n}{4}\right) 0{,}6073 =$ acétone 0/0 dans le méthylène.

Lorsqu'on analyse un alcool dénaturé on prend 50 cm³ d'alcool, on fait 500 cm³ avec de l'eau. On prend 20 cm³ qu'on met dans un flacon de 750 cm³ avec 25 cm³ de soude à 80 gr. par litre. On ajoute 250 mc³ d'eau et N cm³ d'iode (environ 45 cm³) on agite, on laisse 20 minutes au plus à 15-20°, on acidifie avec 25 cm³ acide sulfurique à 100 gr. par litre. On verse l'hyposulfite

Digitized by Google

1/20 normal jusqu'à décoloration presque complète, on ajoute l'empois et on achève le titrage avec l'hyposulfite. Soit n le nombre de cm³ d'hyposulfite $\left(N - \frac{n}{4}\right) 0{,}12146 =$ acétone 0/0.

6. Dosage des éthers.

On dose les éthers dans les flegmes par saponification avec un alcali. On titre d'abord l'acidité par une liqueur titrée de soude. On met ensuite dans un matras un litre d'alcool, on ajoute un excès présumé de soude normale, on fait bouillir au réfrigérant à reflux pendant au moins deux heures. On fait refroidir et on dose par un acide titré la quantité d'alcali qui a servi à décomposer les éthers.

Soit, par exemple, acidité de l'alcool brut expérimée en cm³ de soude normale = 2cm³5. On ajoute pour la saponification 50 cm³ de soude normale et après ébullition on constate avec une liqueur normale correspondante que l'alcalinité n'est plus que de 20 cm³. On fait le calcul suivant :

Soude ayant servi à la saccharification : 50 — 2,5 = 47cm³5.

Soude disparue : 47,5 — 28 = 27cm³5.

Si on admet pour l'équivalent de l'acétate d'éthyle 88, 1 cm³ de soude normale correspondra à 0 gr,088 et les 27cm³,5 à 2 gr,40 d'acétate d'éthyle par litre.

Cette méthode n'est pas absolument exacte car les aldéhydes sont attaquées par la soude.

7. — Appréciation de l'ensemble des impuretés par la méthode Barbet.

Cette méthode repose sur l'emploi du permanganate de potasse qu'on fait dissoudre dans l'eau distillée à raison de 0 gr, 1 $KMnO^4$ par litre. On verse l'alcool à essayer dans un flacon jusqu'au trait 50 cm³, on mesure la température et on amène celle-ci à 18° C. Au moyen d'une pipette on verse rapidement 2 cm³ solution de permanganate et on observe exactement le nombre de secondes nécessaires pour que la coloration devienne saumon, semblable à un type donné. La durée est inversement proportionnelle à la quantité d'impuretés.

Digitized by Google

Pour l'alcool le plus pur, Barbet fixe le temps de la décoloration à 1 h. 45. Les alcools extra neutres ordinaires du commerce mettent 25-45 minutes, les extra fins 2-10 minutes, et les fins moins d'une minute.

Les flegmes sont ramenés à 42°,5 et saturés pour que l'acidité n'agisse pas. Comme la décoloration a lieu instantanément, on peut prendre une solution plus concentrée de permanganate, 1 gramme par litre, et employer 4 ou 5 cm^3 ; la décoloration prend alors plus de temps.

Lorsque les alcools sont très impurs, Barbet agit inversement : il fait couler l'alcool au moyen d'une burette de 50 cm^3 dans 10 cm^3 de liqueur de permanganate à 0 gr. 1 par litre contenus dans le petit flacon et agite continuellement jusqu'à ce que la couleur devienne cuivre rouge.

La durée de décoloration diminue au fur et à mesure que la température augmente ; à 26-27°, elle est la moitié de ce qu'elle est à 18 degrés,

La méthode au permanganate permet de comparer les alcools entre eux, mais elle ne peut doser les impuretés qu'ils renferment.

Digitized by Google

8. Légende de l'ensemble d'une Distillerie agricole Système Guillaume, Egrot et Grangé.

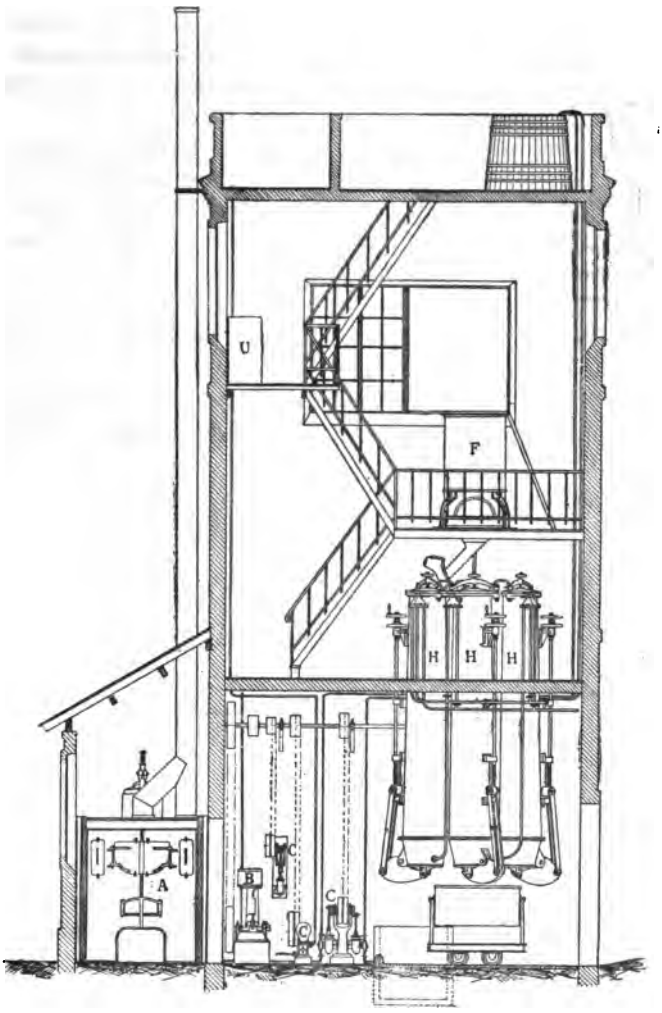


Fig. 110.

Digitized by Google

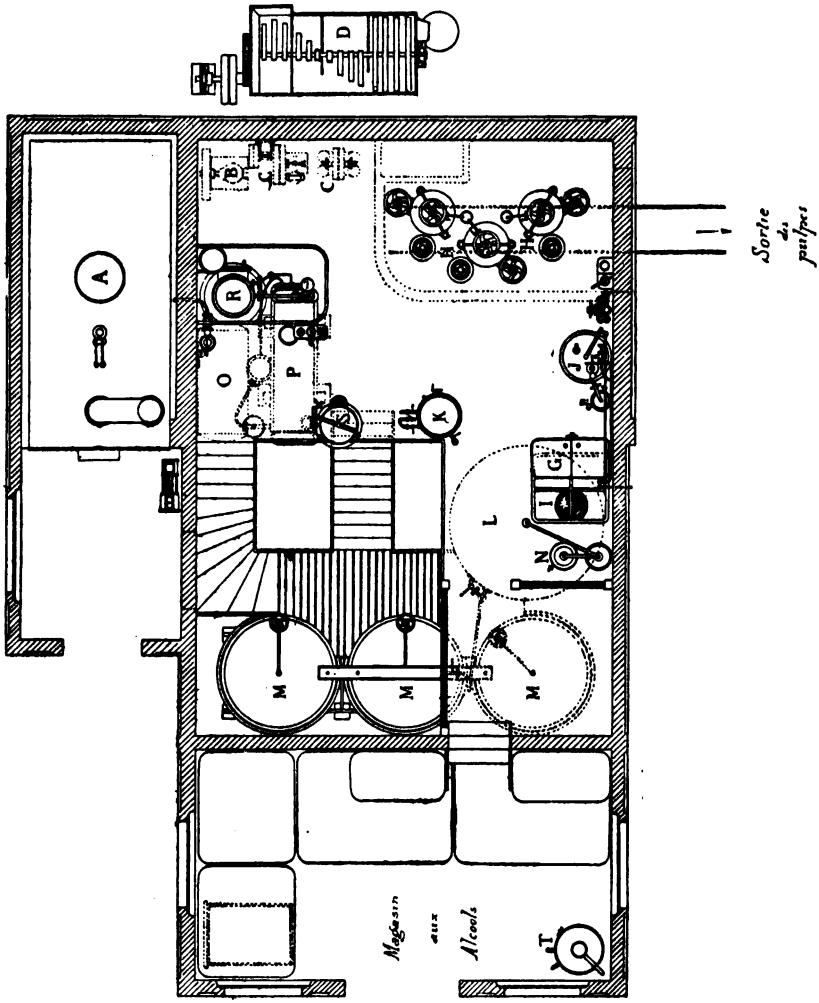


Fig. 111.

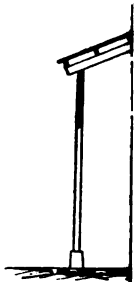
A. — Générateur.
B. — Machine à vapeur.
C. — Pompes à air à jus, à moûts, à vin, etc.
D. — Laveur à betteraves.
E. — Elévateur à betteraves ou tire-sac.
F. — Coupe-racines.
G. — Bac jaugeur.
H. — Diffusion.
I. — Bac d'atrente.
J. — Stérilisateur-récupérateur.
K. — Cuve à levain.
L. — Cuve nourrice.
M. — Cuves de fermentation.

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

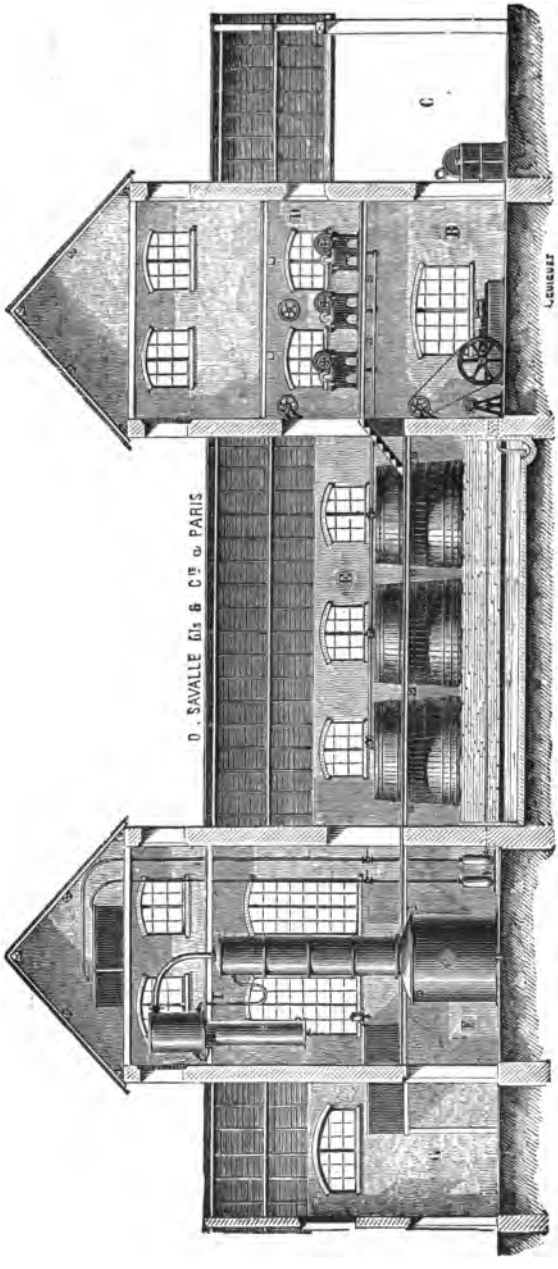


Fig. 114. — Distillerie de Betterave par presses continues. Syst. Savalle.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA
Digitized by Google

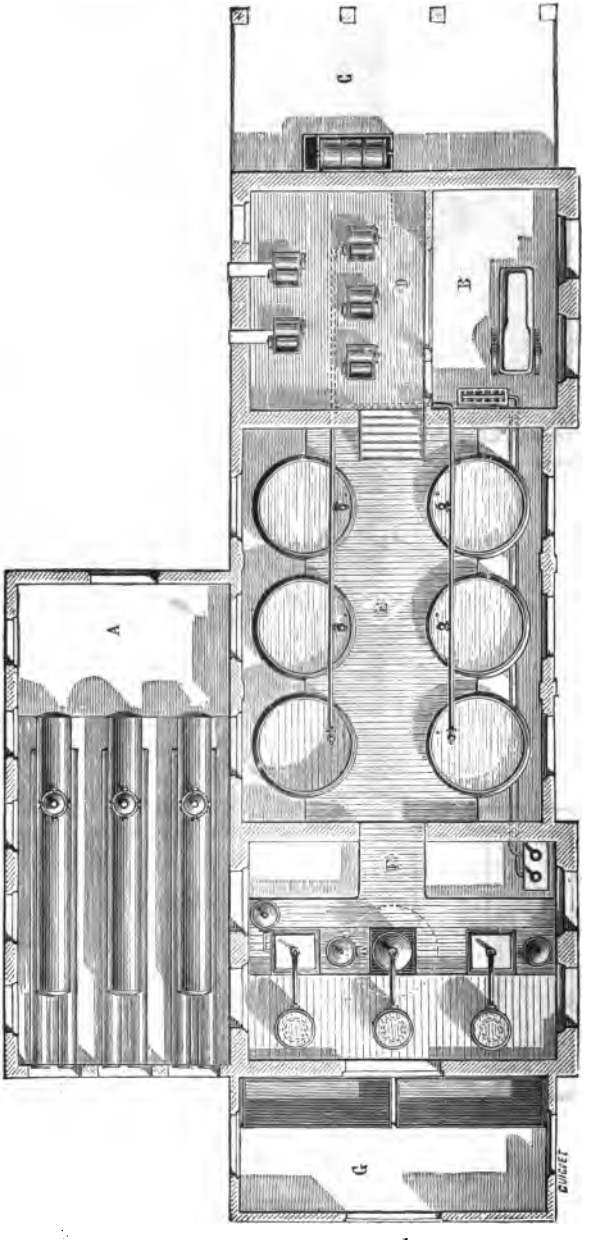


Fig. 115. — Distillerie de Betteraves par presses continues. Syst. Savalle.

Digitized by Google

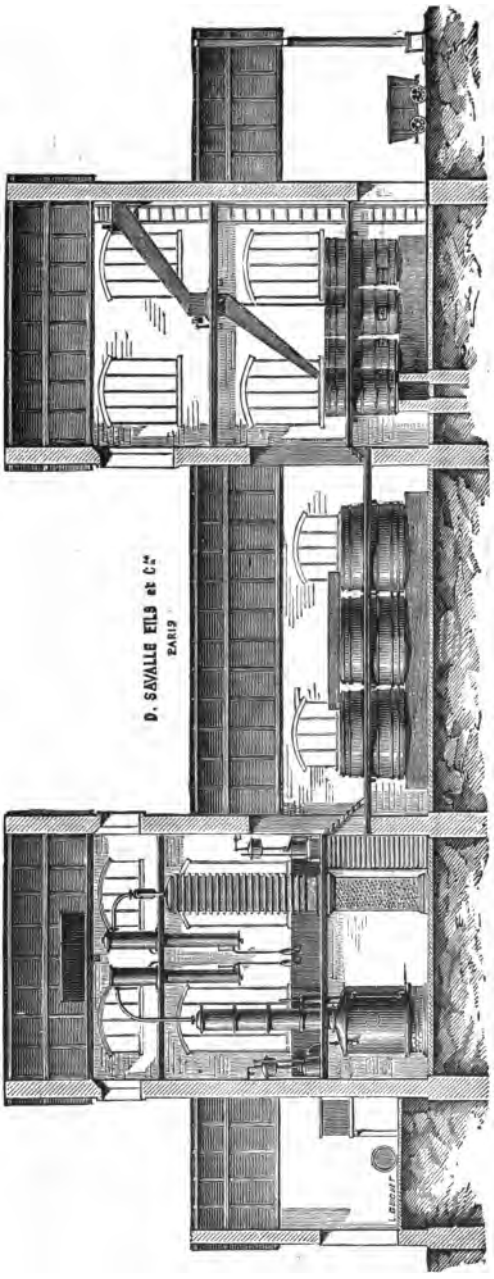


Fig. 116. — Distillerie de Betteraves par macération. Syst. Savalle.

Digitized by Google

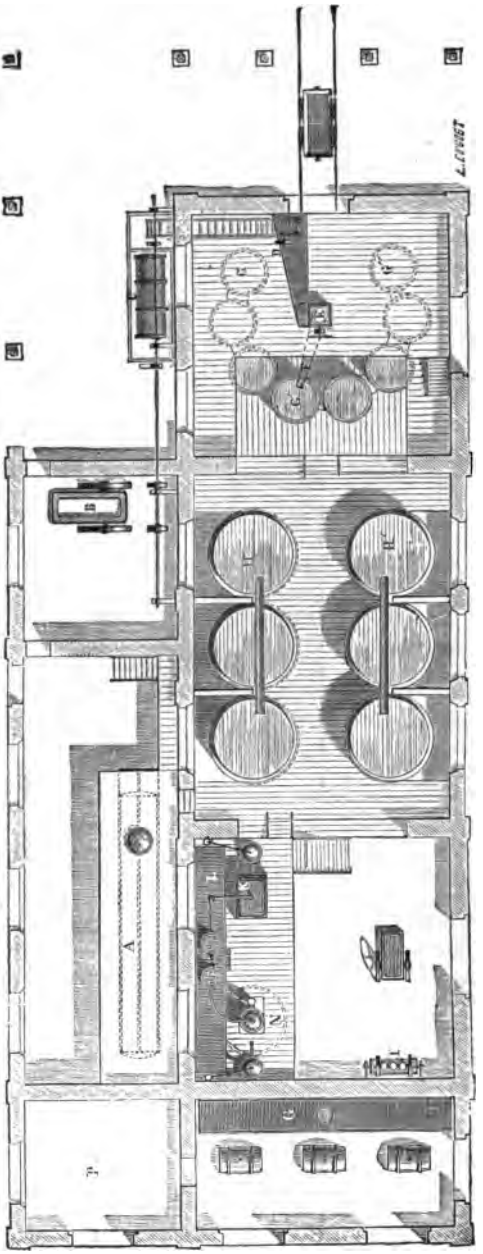


Fig. 117. — Distillerie de Betteraves par macération. Syst. Savalle.

Digitized by Google

CHAPITRE X

LÉGISLATION DES DISTILLERIES

Législation française des distilleries agricoles et industrielles.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES APPLICABLES A TOUS LES BOUILLEURS ET DISTILLATEURS DE PROFESSION

Loi du 28 *avril* 1816.

Art. 32. — Tout bouilleur ou distillateur qui introduira dans un lieu sujet (aux droits d'entrée) des vins, cidres ou poirés pour être convertis en eau-de-vie ou esprit pourra aussi réclamer l'entrepôt. Le produit de la distillation, constaté par l'exercice des employés, ne sera soumis au droit d'entrée que sur les quantités non représentées, et qu'il... (l'entrepositaire) ne justifiera pas avoir fait sortir de la commune.

Art. 35. — Les déclarations d'entrepôt seront faites avant l'introduction des chargements, et signées par les entrepositaires ou leurs fondés de pouvoirs. Elles indiqueront les magasins, caves ou celliers où les boissons devront être déposées, et serviront de titre pour la prise en charge.

Art. 36. — Tout bouilleur ou distillateur de grains, marcs, lies, fruits et autres substances, établi dans un lieu sujet au droit d'entrée, sera tenu, s'il ne réclame la faculté de l'entrepôt, d'acquitter ce droit sur l'eau-de-vie provenant de sa distillation, et dont la quantité sera constatée par l'exercice des commis.

Art. 37. — Les entrepositaires, négociants ou distillateurs, seront soumis à toutes les obligations imposées aux marchands en gros de boissons. Ils seront tenus, en outre, de produire aux commis, lors de leurs exercices, des certificats de sortie pour les boissons qu'ils auront expédiées pour l'extérieur, et des quittances du droit d'entrée pour celles qu'ils auront livrées à l'intérieur. A la fin de chaque trimestre, ils seront soumis au paiement de ce même droit sur les quantités manquantes à leurs charges, sauf les déductions pour coulage et ouillage autorisées par l'article 103 de la présente loi.

Art. 69. — La vente en détail des boissons ne pourra être faite par les bouilleurs ou distillateurs pendant le temps que durera leur fabrication. Cette vente pourra toutefois être autorisée, si le lieu du débit est totalement séparé de l'atelier de distillation.

Art. 97. — Les négociants, les marchands en gros, courtiers, facteurs, commissionnaires, commissionnaires de roulage, dépositaires, distillateurs,

Digitized by Google

bouilleurs de profession et autres, qui voudront faire le commerce des boissons en gros (qu'ils soient ou non entrepositaires, s'ils habitent un lieu sujet aux entrées), seront tenus de déclarer les quantités, espèces et qualités des boissons qu'ils possèdent, tant dans le lieu de leur domicile qu'ailleurs.

Art. 100. — Les dénommés en l'article 97 pourront transvaser, mélanger et couper leurs boissons hors la présence des employés : les pièces ne seront pas marquées à l'arrivée : seulement, il sera tenu, pour les boissons en leur possession, un compte d'entrée et de sortie dont les charges seront établies d'après les congés, acquits-à-caution ou passavants qu'ils seront tenus de représenter, sous peine de saisie, et les décharges d'après les quittances du droit de circulation.

Les eaux-de-vie et esprits seront suivis par degrés. Les charges seront accrues, lors du règlement de compte, en proportion de l'affaiblissement du degré des quantités expédiées ou restant en magasin.

Art. 117. — Les brasseurs seront tenus de faire, au bureau de la Régie, la déclaration de leur profession et du lieu où seront situés leurs établissements ; ils seront, en outre, obligés de déclarer par écrit la contenance de leurs chaudières, cuves et bacs, avant de s'en servir ; ils fourniront l'eau et les ouvriers nécessaires pour vérifier, par l'empotement de ces vaisseaux, les contenances déclarées. Cette opération sera dirigée, en leur présence, par des employés de la Régie, et il en sera dressé procès-verbal. Chaque vaisseau portera un numéro et l'indication de sa contenance en hectolitres.

Art. 118. — Il est défendu de changer, modifier ou altérer la contenance des chaudières, cuves et bacs, ou d'en établir de nouveaux, sans en avoir fait la déclaration, par écrit, vingt-quatre heures d'avance. Cette déclaration contiendra la soumission du brasseur de ne faire usage desdits ustensiles qu'après que leur contenance aura été vérifiée, conformément à l'article précédent.

Art. 125. — Les brasseurs seront soumis aux visites et vérifications des employés, et tenus de leur ouvrir, à toute réquisition, leurs maisons, brasseries, ateliers, magasins, caves et celliers, ainsi que de leur représenter les bières qu'ils auront en leur possession, Ces visites ne pourront avoir lieu dans les maisons non contiguës aux brasseries ou non enclavées dans la même enceinte.

Ils seront également tenus de faire sceller toute communication des brasseries avec les maisons voisines autres que leur maison d'habitation.

Art. 138. — Les distillateurs et bouilleurs de profession seront tenus de faire, par écrit, avant de commencer à distiller, toutes les déclarations nécessaires pour que les employés puissent surveiller leur fabrication, en constater les résultats, et les prendre en charge sur leurs portatifs.

Il leur sera délivré des ampliations de leurs déclarations, qu'ils devront représenter à toute réquisition des employés pendant la durée de la fabrication.

Art. 139. — La déclaration à faire par les distillateurs de profession, en conformité de l'article précédent, aura lieu au moins quatre heures d'avance dans les villes, et douze heures dans les campagnes ; elle énoncera :

Digitized by Google

1° Le numéro et la contenance des chaudières et cuves de macération qui devront être mises en activité ;

2° Le nombre des jours de travail;

3° Le moment où le feu sera allumé et éteint, chaque jour, sous les chaudières;

4° L'heure du chargement des cuves de macération ;

5° La quantité de farine qui sera employée ;

6° Enfin, et par approximation, la quantité et le degré de l'eau-de-vie qui devra être fabriquée.

Art. 140. — Les dispositions des articles 117, 118 et 125, relatives à la déclaration des vaisseaux en usage dans les brasseries, et aux vérifications que les brasseurs sont obligés de souffrir dans leurs ateliers et dépendances, sont applicables aux distillateurs de profession.

Art. 141. — La déclaration à faire par les bouilleurs de profession, en conformité de l'article 138, aura lieu au moins quatre heures d'avance dans les villes, et douze heures dans les campagnes ; elle énoncera :

1° Le nombre de jours de travail;

2° La quantité des vins, cidres, poirés, marcs, lies, fruits, mélasses, qui seront mis en distillation ;

3° Par approximation, la quantité et le degré de l'eau-de-vie qui devra être fabriquée.

Art. 142 (1). — Les directeurs de la Régie sont autorisés à convenir, de gré à gré, avec les bouilleurs de profession, d'une base d'évaluation pour la conversion des vins, cidres, poirés, lies, marcs ou fruits en eaux-de-vie ou esprits.

Art. 235. — Les visites et exercices que les employés sont autorisés à faire chez les redevables ne pourront avoir lieu que pendant le jour; cependant ils pourront aussi être faits la nuit dans les brasseries, distilleries, lorsqu'il résultera des déclarations que ces établissements sont en activité, et chez les débitants de boissons, pendant tout le temps que les lieux de débit seront ouverts au public.

Art. 236. — Les visites et vérifications que les employés sont autorisés à faire pendant le jour seulement ne pourront avoir lieu que dans les intervalles de temps déterminés par l'article 26 de la présente loi.

Loi du 21 *avril* 1832.

Art. 38. — Dans les villes assujetties à la taxe unique ou au droit d'entrée, la faculté d'entrepôt sera accordée aux distillateurs et aux marchands en gros, aux conditions prescrites par les articles 32, 35, 36 et 37 de la loi du 28 avril 1816; ils devront en outre présenter une caution solvable, qui s'engagera solidairement avec eux au paiement des droits sur les boissons qu'ils ne justifieront pas avoir fait sortir du lieu.

L'entrepositaire sera tenu de déclarer le magasin dans lequel il entendra placer les boissons pour lesquelles il réclamera l'entrepôt. Il ne pourra jouir de la même faculté dans d'autres magasins, s'il n'y est autorisé par la Régie.

(1) L'art. 142 ne concerne que les bouilleurs (règlement B).

Digitized by Google

Loi du 23 *avril* 1836.

Art. unique. — L'exercice du droit attribué par l'article 117 de la loi du 28 avril 1816 aux employés de la Régie des Contributions indirectes, de vérifier, par l'empotement, la contenance des chaudières, cuves et bacs, déclarée par les brasseurs, ne peut être empêché par aucun obstacle du fait de ces brasseurs ; ceux-ci doivent toujours être prêts, par eux-mêmes ou par leurs préposés, à fournir l'eau et les ouvriers nécessaires et à déférer aux réquisitions des employés.

Loi du 20 *avril* 1837.

Art. 6. — La déduction accordée par les lois du 24 juin 1824, pour ouillage coulage, soutirage et affaiblissement de degrés sur les vins et l'alcool, sera fixée, suivant les lieux et la nature des boissons, par une ordonnance royale, rendue sous forme de règlement d'administration publique, sans toutefois que cette déduction puisse être inférieure à 4 0/0.

Art. 7. — Tout manquant extraordinaire qui sera reconnu chez les marchands en gros ou entrepositaires de boissons, en sus du déchet légal accordé pour l'année entière, sera immédiatement soumis au droit.

Art. 8. — Seront seuls considérés comme bouilleurs de cru, et continueront à être exemptés, à ce titre, du paiement de la licence ainsi que des obligations imposées par le chapitre 6 de la loi du 28 avril 1816, les propriétaires ou fermiers qui distilleront exclusivement les vins, cidres ou poirés, marcs et lies provenant de leur récolte.

Les obligations résultant de l'article 140 de la loi du 28 avril 1816 sont applicables à tous les distillateurs de profession, et sans distinction des matières qu'ils distillent.

Art. 9. — La déclaration que les distillateurs d'eaux-de-vie de grains, de pommes de terre et autres substances farineuses doivent faire, en conformité de l'article 139 de la loi du 28 avril 1816, énoncera la quantité de matière macérée qui devra être employée pendant la durée de la fabrication, et la quantité d'alcool qui devra en provenir.

La quantité de matière macérée sera évaluée en comptant, pour chaque cuve, au moins les six septièmes de la capacité brute.

Le rendement en alcool ne pourra être déclaré au-dessous de deux litres et demi d'alcool par hectolitre de matière macérée.

Art. 10. — La déclaration à laquelle sont tenus les bouilleurs de profession, en vertu de l'article 141 de la loi du 28 avril 1816, énoncera la force alcoolique du liquide mis en distillation, laquelle sera vérifiée par les employés de la Régie, et déterminera le minimum de la prise en charge des produits de la fabrication.

En cas de contestation, la force alcoolique sera constatée par des expériences faites contradictoirement.

Les dispositions du présent article sont également applicables à la distillation des sirops de fécules, des mélasses et des autres résidus des fabriques ou raffineries de sucres.

Digitized by Google

Loi du 28 février 1872.

Art. 1er. — Les déclarations exigées, avant l'enlèvement des boissons, par l'article 10 de la loi du 28 avril 1816, contiendront, outre les énonciations prescrites par ledit article, l'indication des principaux lieux de passage que devra traverser le chargement et celle des divers modes de transport qui seront successivement employés, soit pour toute la route à parcourir, soit pour une partie seulement, à charge, dans ce dernier cas, de compléter la déclaration en cours de transport.

Les contraventions aux dispositions du présent article seront punies de la confiscation des boissons saisies et d'une amende de 500 à 5.000 francs.

Loi du 2 août 1872.

Art. 2. — Tout détenteur d'appareils propres à la distillation d'eaux-de-vie ou d'esprit est tenu de faire au bureau de la Régie une déclaration énonçant le nombre et la capacité de ses appareils.

Art. 6. — La disposition de la loi du 21 avril 1832 qui oblige les distillateurs et les marchands en gros établis dans les villes à présenter une caution solvable qui s'engage solidairement avec eux à payer les droits constatés à leurs charges, est rendue applicable, pour les taxes générales et locales, à tous les distillateurs de profession et à tous les marchands en gros indistinctement. . . . . .

Art. 7. — Les Contraventions à la présente loi et toutes autres contraventions qui, se rapportant à la distillation ainsi qu'au commerce en gros ou en détail des spiritueux, donnent lieu maintenant à l'application des articles 95, 96, 106 et 143 de la loi du 28 avril 1816, seront frappées des peines édictées par l'article 1er de la loi du 28 février 1872.

Décret du 4 décembre 1872.

Art. 1er. — Les déductions à allouer annuellement aux marchands en gros et autres entrepositaires pour ouillage, coulage, soutirage, affaiblissement de degré et pour tous autres déchets sur les alcools et liqueurs, tant en cercles qu'en bouteilles, seront uniformément calculées dans toute la France à raison de 7 0/0.

Art. 2. — La disposition qui précède aura son effet à partir du 1er janvier 1873.

Loi du 21 juin 1873.

Art. 6. — Tout transport de spiritueux sans expédition ou avec une expédition inapplicable donnera lieu aux pénalités édictées par l'article 1er de la loi du 28 février 1872.

Les déclarations d'enlèvement d'alcools et spiritueux devront porter la contenance de chaque fût et le degré avec un numéro correspondant à celui placé sur le fût.

Le dépotoir cylindrique à échelle, de même que tout dépotoir dont l'exactitude aura été constatée par les vérificateurs des poids et mesures, sera

Digitized by Google

désormais placé au nombre des mesures légales et poinçonné par lesdits vérificateurs.

Art. 7. — Les contraventions auxquelles se réfèrent les articles 19 et 96 de la loi du 28 avril 1816, le second alinéa de l'article 106 de la même loi et le second alinéa de l'article 1er de la loi du 28 février 1872, donneront lieu dorénavant, lorsqu'elles auront pour objet des vins, cidres, poirés et hydromels, à l'application d'une amende de 200 à 1.000 francs, indépendamment de la confiscation des boissons saisies.

En cas de récidive, l'amende ne pourra pas être inférieure à 500 francs.

Une tolérance de 1 0/0, soit sur la contenance, soit sur le degré, est accordée aux expéditeurs sur leur déclaration d'alcools, spiritueux, vins, cidres, poirés et hydromels, mais les quantités reconnues en excèdent seront prises en charge au compte du destinataire.

Art. 9. — Toute personne convaincue d'avoir sciemment recélé dans des caves, celliers, magasins ou autres locaux dont elle a la jouissance, des boissons qui auront été reconnues appartenir à un débitant, à un marchand en gros, à un distillateur ou à un bouilleur sera punie des peines portées par l'article 7 de la présente loi ou par l'article 1er de la loi du 28 février 1872, suivant le cas, sans préjudice des peines encourues par l'auteur de la fraude.

Art. 11. — La pénalité... de six jours à six mois d'emprisonnement sera appliquée aux contrevenants qui, contrairement à la prohibition de l'article 10 de la loi du 22 mai 1822 et de l'ordonnance royale du 20 juillet 1825, auront fabriqué, distillé, revivifié, à l'intérieur de Paris ou de toute autre localité soumise au même régime prohibitif, des eaux-de-vie ou esprits, ou revivifié des alcools dénaturés, préalablement introduits avec paiement de la taxe réduite.

Loi du 21 *mars* 1874.

Art. 3. — Un règlement d'administration publique déterminera les mesures nécessaires pour assurer le perception de l'impôt dans les distilleries.

Les contraventions aux dispositions de ce règlement seront passibles des peines édictées par l'article 1er de la loi du 28 février 1872.

Loi du 8 *juillet* 1881

qui rend obligatoire l'emploi de l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac

ARTICLE PREMIER. — A partir d'un an après la promulgation de la présente loi, il ne pourra soit dans les opérations de l'administration, soit dans les transactions privées être fait usage que de l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac pour la constatation du degré des alcools et eaux-de-vie.

Art. 2. — Les alcoomètres centésimaux et les thermomètres nécessaires à leur usage ne pourront, à partir de la même époque, être mis en vente ni employés s'ils n'ont été soumis à une vérification préalable et s'ils ne sont munis d'un signe constatant l'accomplissement de cette formalité. Ils seront soumis aux vérifications périodiques exigées pour les poids et mesures.

Art. 3. — Tout patenté faisant le commerce des alcools en gros et en

Digitized by Google

demi-gros est tenu d'avoir un alcoomètre de Gay-Lussac et un thermomètre vérifiés.

Art. 4. — Un règlement d'administration publique fixera le mode de vérification, les droits à percevoir à ce sujet et les mesures nécessaires pour assurer l'exécution de la présente loi.

Art. 5. — Les contraventions à la présente loi et au règlement d'administration publique seront punies des peines portées à l'art. 479 du Code pénal.

Décret du 27 décembre 1884.

La graduation des alcoomètres a pour base le tableau de densités des mélanges d'alcool absolu et d'eau dressé par le Bureau national des poids et mesures.

La distance entre chaque degré sera de 8 millimètres au moins pour les alcoomètres et de 3 millimètres au minimum pour les thermomètres.

Tout instrument présenté à la vérification doit porter gravés sur la carène le nom du constructeur, un numéro d'ordre et le poids de l'alcoomètre en milligramme. Une tolérance de un dix-millième en plus ou en moins est accordée pour le poids.

La vérification est faite par comparaison avec les instruments de l'administration et la tolérance est de un dixième de degré en plus ou en moins.

Les agents vérificateurs inscrivent s'il y a lieu sur la carène des alcoomètres le signe de vérification *à la bonne foi*, le mois désigné par une des premières lettres de l'alphabet et l'année déterminée par les deux derniers chiffres du millésime.

Les vérificateurs des poids et mesures sont chargés de constater si les alcoomètres et leurs thermomètres mis en vente ou employés sont revêtus de la marque de vérification.

Ils dressent procès-verbal contre ceux qui mettraient en vente des instruments non vérifiés et en feraient emplois.

L'administration n'est point responsable de la casse des instruments.

Lois des 14-17 décembre 1875.

Art. unique (1). — Les propriétaires qui distillent les vins, marcs, cidres, prunes et cerises provenant exclusivement de leurs récoltes, sont dispensés de toute déclaration préalable et sont affranchis de l'exercice.

Loi du 30 mai 1899.

Art. 8. — Les brasseurs et les *distillateurs de profession* sont soumis, tant de jour que de nuit, même en cas d'inactivité de leurs établissements, aux visites et vérifications des employés de la Régie et de l'octroi et tenus de leur ouvrir à toute réquisition leurs maisons, brasseries, ateliers, magasins, caves et celliers,

Toutefois, quand les usines ne sont pas en activité, les employés ne peuvent pénétrer pendant la nuit chez les brasseurs ou distillateurs de profession qui ont fait apposer des scellés sur leurs appareils, ni chez les distillateurs qui auront adopté un système de distillation en vase clos agréé par l'Admi-

(1) Cet article concerne les bouilleurs de cru.

Digitized by Google

nistration ou qui, pendant le travail, muniront leur appareil de distillation d'un compteur agréé et vérifié par l'Administration.

Les appareils ne peuvent être descellés qu'en présence des employés de la Régie et qu'après que l'industriel a fait une déclaration de fabrication.

Les scellés peuvent cependant être enlevés par l'industriel, en l'absence des employés, dans des conditions que déterminera le décret prévu par l'art. 14. (Id.)

Un décret déterminera les mesures d'exécution de l'article 8 en ce qui concerne les distillateurs et bouilleurs de profession. (Art. 14 ib.)

Décret du 18 *septembre* 1879.

Portant règlement d'administration publique sur les distilleries autres que celles qui mettent en œuvre des vins, cidres, poirés, lies, marcs et fruits (*Distilleries industrielles.*)

Règlement *A*

Art. 1er. — Le présent réglement est applicable aux distilleries dans lesquelles l'Administration juge utile d'établir un service de surveillance permanente, qui rectifient soit des flegmes, soit des esprits imparfaits fabriqués dans d'autres établissements, ou qui, mettant en œuvre des matières autres que des vins, cidres, poirés, lies, marcs et fruits, obtiennent, par de simples distillations ou par des opérations de rectification, des produits propres à être livrés à la consommation.

Il sera mis en vigueur à dater du 1er octobre 1879.

A partir de cette époque, le règlement du 1878 cessera d'être exécutoire pour les distilleries qui seront régies par le nouveau règlement. Il continuera à s'appliquer aux distilleries qui livrent directement leurs produits à la consommation et qui ne sont pas soumises au régime de la surveillance permanente.

Art. 2. — Les employés de la Régie des contributions indirectes sont autorisés à pénétrer dans les distilleries, à toute heure de jour et de nuit, et à y exercer une surveillance permanente, lorsqu'il existe dans les ateliers des matières en fermentation ou des liquides susceptibles d'être livrés à la distillation ou à la rectification.

Art. 3. — Le distillateur doit disposer, dans l'enceinte de son usine, pour servir de bureau aux employés, un local convenable, garni de chaises, de tables, et d'un poêle ou d'une cheminée. Il doit, en outre, mettre à la disposition des employés de services, à proximité des éprouvettes qui reçoivent le liquide alcoolique à la sortie des appareils à distiller ou à rectifier, deux chaises et une table fermant à clef.

Le prix de la location de ces meubles et du bureau est fixé de gré à gré, ou, à défaut de fixation amiable, réglé par le préfet.

Art. 4. — Toute communication intérieure entre la distillerie et les bâtiments voisins non occupés par le distillateur, ou ceux dans lesquels l'industriel se livre soit à la fabrication ou au commerce des boissons fermentées autres que les alcools, soit à la préparation des liqueurs ou des eaux-de-vie aromatisées, telles que les absinthes ou les similaires d'absinthes, etc., etc., est interdite et doit être supprimée.

Digitized by Google

Lorsque la maison d'habitation du distillateur n'est pas séparée des ateliers de fabrication par une cour intérieure, toute communication directe entre ces ateliers et la maison et ses dépendances peut également être interdite

Le distillateur est tenu, dans le délai d'un mois à partir du jour où il en aura été requis par l'administration, d'intercepter les communications interdites par une construction en maçonnerie.

Art. 5. — La capacité des chaudières, des alambics, des citernes et des vaisseaux déclarés conformément aux articles 117, 118 et 140 de la loi du 28 avril 1816, est vérifiée par le jaugeage métrique, et, au besoin, par empotement.

Chaque chaudière, alambic, citerne, vaisseau et récipient quelconque reçoit un numéro d'ordre avec l'indication de sa contenance en litres.

Les numéros et l'indication de la contenance sont peints à l'huile, en caractères ayant au moins 5 centimètres de hauteur, par les soins et aux frais du déclarant.

Art. 6. — Les distillateurs sont tenus de fournir les ouvriers et les ustensiles nécessaires, tant pour le jaugeage des vaisseaux et récipients que pour le pesage et le mesurage des mélasses et des produits de toute nature, lors des exercices, des recensements, des inventaires et de la vérification des chargements au départ et à l'arrivée.

Art. 7. — Les tuyaux (1) dans lesquels circule l'alcool doivent être seuls peints en rouge. Un numéro d'ordre est donné à chaque tuyau. Ce numéro d'ordre doit être peint ou poinçonné d'une manière très apparente, auprès de chaque point de raccord.

Chaque tuyau est installé dans des conditions telles qu'on en puisse suivre de l'œil tout le parcours.

Aucune ouverture ne doit être pratiquée aux tuyaux mentionnés au présent article, sans que le distillateur en ait préalablement fait la déclaration aux employés.

Art. 8. — Le distillateur est tenu de remettre, en double expédition) une déclaration indiquant, pour chacun des tuyaux auxquels s'applique l'article précédent, son numéro d'ordre, sa longueur, son point de départ et son point d'arrivée des réfrigérants aux réservoirs, d'un réservoir à un autre ou de ces divers récipients aux appareils à rectifier.

Pour les établissements déjà en exploitation, cette déclaration est remise au chef de service préposé à la surveillance, dans le délai d'un mois à partir de la promulgation du présent règlement ; il en est pris acte au portatif.

Pour les établissements nouveaux, la déclaration sera remise à la recette buraliste en même temps que la déclaration prescrite par l'article 140 de la loi du 28 avril 1816. Les changements ultérieurs seront déclarés d'avance.

Art. 9. — Tout récipient destiné à recevoir des spiritueux, y compris la chaudière de chaque rectificateur, doit être muni d'un indicateur avec un tube en verre disposé de manière à présenter extérieurement le niveau du liquide.

Cet indicateur, dont l'échelle est graduée par centimètres, peut être remplacé, pour les récipients autres que le rectificateur, par une jauge métal-

Digitized by Google

lique également graduée par centimètres. Deux ouvertures seront ménagées aux points indiqués par les employés pour l'entrée de la jauge.

Art. 10. — La destination de chaque récipient dans lequel sont reçus les produits de la distillation ou de la rectification, doit être indiquée par l'une des mentions suivantes :

Flegmes :
Alcools à repasser ;
Alcools achevés ;
Huiles essentielles.

Ces mentions sont indiquées sur les récipients ainsi qu'il est spécifié au dernier paragraphe de l'article 5.

Art. 11. — Toute quantité d'alcool trouvée soit dans des tuyaux, soit dans des récipients autres que ceux dont il est question aux articles 7, 8 et 10, ou en dehors des futailles inscrites au registre magasinier dont la tenue est prescrite par l'article 33, est réputée fabriquée en fraude et saisie.

Art. 12. — L'administration a la faculté de faire installer à ses frais, dans les conditions qu'elle déterminera, des compteurs destinés à mesurer les quantités de liquide alcoolique qui coulent de chaque appareil à distiller ou à rectifier.

Art. 13. — Toute distillerie doit être pourvue, par les soins et aux frais de l'industriel, d'un dépotoir dûment contrôlé par le vérificateur des poids et mesures.

L'échelle de ce dépotoir est graduée par hectolitre dans sa partie supérieure, et par fraction d'un litre chacune dans sa partie inférieure, pour une contenance d'un hectolitre au moins. L'espace d'une division à l'autre ne doit pas être inférieur à 3 millimètres. Toutes les indications de cette échelle doivent être facilement lisibles.

L'empotement des futailles est opéré soit préalablement au moyen de l'eau, soit par le versement même de l'alcool au moment de l'emplissage des fûts.

Les dépotoirs actuellement en usage dans les distilleries peuvent être admis après vérification du service des poids et mesures.

Tous les distillateurs doivent, en outre, mettre à la disposition de la Régie une bascule et des poids pour le pesage des alcools et des futailles.

Art. 14. — Les tonneaux et futailles quelconques employés pour l'emmagasinement et le transport des produits de toute espèce, de toute origine, doivent présenter la marque indicative de leur numéro d'ordre, de leur capacité, de leur tare (poids à vide) après le plâtrage et de leur poids brut.

Ces indications sont peintes ou marquées au feu ou à la rouanne. Elles sont reproduites sur les titres de mouvement.

Les opérations relatives à la pesée de la futaille vide, à son remplissage avec de l'alcool et à la constatation du poids brut, doivent se suivre sans interruption.

Les employés qui ont assisté à l'opération fixent sur l'un des fonds de la futaille, dès qu'elle a été remplie et pesée, une étiquette qui est signée par eux, et qu'il est interdit au distillateur de faire disparaître.

Cette étiquette reproduit le numéro d'ordre, la tare et le poids brut de chaque futaille, le volume et la force des spiritueux. Elle est complétée, au

Digitized by Google

moment où la futaille est expédiée de l'usine, par l'indication du numéro de l'acquit-à-caution.

Art. 15. — Dans les distilleries autres que celles qui se bornent à recevoir des produits du dehors pour les rectifier, le compte général de fabrication est établi, au choix des distillateurs, suivant l'un des deux modes définis ci-après :

Dans le premier, la prise en charge comprend, d'une part, la quantité d'alcool contenue dans les flegmes obtenus sur place, sans que cette quantité puisse être inférieure au minimum déclaré en exécution des articles 141 de la loi du 28 avril 1816, 9 et 10 de la loi du 20 juillet 1837 ; d'autre part, la quantité d'alcool contenue dans les produits reçus du dehors.

Dans le second, le rendement minimum déclaré en exécution des lois précitées et la quantité d'alcool contenue dans les produits venant de l'extérieur constituent les éléments de la prise en charge, sans que cette charge puisse être inférieure aux résultats de la rectification.

L'option est constatée dans une déclaration signée par le distillateur.

Les distillateurs existant au moment de la promulgation du présent règlement sont tenus de remettre leurs déclarations d'option aux chefs de service préposés à la surveillance de leurs usines, dans un délai de quinze jours à partir de cette promulgation.

Pour les nouveaux distillateurs, l'option est constatée dans la déclaration prescrite par l'article 140 de la loi du 28 avril 1816.

L'option est valable pour une campagne au moins. Elle continue d'avoir son effet tant qu'une déclaration rectificative n'a pas été remise au chef de service. Cette dernière déclaration doit être faite, au plus tard, dans le courant du mois de juillet qui précède la campagne à partir de laquelle le mode de prise en charge doit être changé.

Art. 16. — Dans le premier des modes de prise en charge indiqués par l'article précédent, les flegmes obtenus sur place sont recueillis séparément, à la sortie des appareils à distiller, dans un ou plusieurs récipients, d'où ils ne peuvent être extraits qu'avec la coopération du service.

Ces récipients ou *bacs jaugeurs* doivent être isolés et reposer sur des supports à jour. Ils sont fermés et munis de deux échelles graduées par hectolitre, ou, si les dimensions du récipient permettent que l'espace d'une division à l'autre soit de 3 millimètres au moins, par décalitre ou litre. Ces échelles sont fixées sur les points désignés par les employés. Elles peuvent être remplacées par une jauge métallique graduée, sur l'une de ses faces, comme les échelles elles-mêmes, et, sur l'autre face, par centimètre. Deux ouvertures sont ménagées aux points indiqués par les employés pour l'entrée de la jauge.

Les ouvertures des bacs jaugeurs sont closes par des couvercles scellés dans les conditions spécifiées par le paragraphe 5 du présent article.

Les points de raccord des tuyaux au moyen desquels ces bacs sont reliés entre eux et avec l'appareil à distiller, et, s'il y a lieu, avec le dépotoir, ne peuvent être démontés qu'en présence des employés affectés à la surveillance. Ces agents peuvent fixer, sur les rondelles formant raccord, un plomb ou un scellé, qu'il est interdit aux distillateurs de faire disparaître.

Digitized by Google

Les robinets adaptés à ces tuyaux et aux bacs jaugeurs doivent être maintenus fermés, soit par un cadenas on par un plomb, soit par tout autre moyen adopté de concert entre le service et le distillateur.

Les récipients actuellement en usage pour recevoir les flegmes à la sortie des appareils à distiller peuvent être admis à titre de bacs jaugeurs, à la condition qu'ils seront fermés, cadenassés et munis d'échelles ou de jauge conformément aux prescriptions ci-dessus.

Lorsque les bacs jaugeurs sont vides, le distillateur est tenu de les faire nettoyer, s'il en est requis par les employés, afin que ces agents puissent les vérifier à l'intérieur.

L'Administration peut exiger que les bacs pleins ou en vidange soient vidés et nettoyés toutes les fois que les travaux de distillation sont interrompus pour quarante-huit heures au moins.

Quant aux produits de la rectification, ils sont dirigés dans des récipients agencés comme le prescrit l'article 9. Ces récipients ne peuvent communiquer entre eux et avec les alambics que par des tuyaux disposés comme le prescrit l'article 7.

Art. 17. — Les distillateurs auxquels s'applique l'article précédent ne peuvent introduire dans les flegmes, avant que le service en ait opéré la vérification et la prise en charge, aucune quantité de matières susceptibles d'en abaisser le degré alcoolique, à moins qu'ils ne fournissent préalablement à l'Administration les moyens de constater l'influence de ces matières sur le degré.

Ils ne peuvent retirer des flegmes des bacs jaugeurs qu'après en avoir fait la déclaration aux employés.

Après chaque vérification, les flegmes reconnus sont pris en charge, au compte de magasin des produits à repasser, pour la quantité d'alcool qu'ils contiennent. Ils sont, en outre, pris en charge au compte général de fabrication, sous la déduction, s'il y a lieu, des quantités d'alcool ajoutées aux jus fermentés.

Si les quantités d'alcool ainsi prises en charge à ce dernier compte, à la sortie des bacs jaugeurs, sont inférieures au minimum déclaré, une prise en charge complémentaire est effectuée à ce compte avant chaque inventaire général prescrit par l'article 37 ci-après.

Art. 18. — Dans le second mode de prise en charge prévu par l'article 15, les produits de la distillation et les produits de la rectification, lorsqu'ils sortent des réfrigérants, doivent être conduits dans des récipients fermés et ne communiquant entre eux et avec les alambics que par des tuyaux agencés de manière qu'on ne puisse détourner ces produits.

Les dispositions de l'article 16 sont applicables aux récipients dans lesquels sont recueillis les spiritueux achevés et aux tuyaux qui relient ces récipients aux appareils à rectifier.

L'Administration peut faire appliquer les dispositions des paragraphes 3, 4 et 5 de l'article 16 précité, aux récipients et aux tuyaux destinés à contenir et à faire circuler les flegmes et les autres produits à repasser, quand ces récipients et ces tuyaux sont placés, soit en dehors de la salle des alambics, où les employés sont en permanence, soit en dehors des magasins dont les distillateurs ont remis la clef à ces agents.

Digitized by Google

Art. 19. — Dans les usines auxquelles s'applique l'article 18, les quantités d'alcool que représentent les jus mis en distillation d'après le rendement minimum déclaré par le distillateur sont prises en charge, à la fin de chaque journée, au compte général de fabrication.

Les flegmes provenant de la distillation sont pris en charge, chaque jour, au compte de magasin des produits à repasser, pour la quantité d'alcool qu'ils représentent.

Les excédents d'alcool que font apparaître les inventaires effectués, en exécution de l'article 37 ci-après, sont ajoutés aux charges du compte général.

Art. 20. — Les plombs et les cadenas dont l'usage est prescrit par le présent règlement sont fournis gratuitement par l'Administration ; ils sont placés, aux frais des industriels, suivant les indications des employés de la Régie.

Ces agents peuvent fixer, sur l'entrée de ces cadenas dont ils conservent les clefs, un scellé qui ne peut être brisé par les disiillateurs sous aucun prétexte.

Art. 21. — Les déclarations prescrites par les articles 117 et 140 de la loi du 28 avril 1816, relativement à la profession de distillateur et à la contenance des vaisseaux en usage dans les distilleries, doivent être faites à la recette buraliste, quinze jours au moins avant le commencement des travaux de distillation et de rectification.

Les déclarations prescrites par les articles 7 (dernier paragraphe), 8 (dernier paragraphe), 17 (deuxième paragraphe), 23 (deuxième paragraphe), 27, 29, 30, 33 (dernier paragraphe), et 35 du présent règlement, sont reçues par les employés chargés de l'exercice des usines. Elle doivent être faites au moins deux heures d'avance.

Art. 22. — Toute introduction de mélasses doit être justifiée par la représentation d'un acquit-à caution.

Les quantités introduites sont vérifiées par les employés, qui les prennent en charge, à un compte spécial, d'après le poids reconnu à l'arrivée.

Ce compte est successivement déchargé des quantités mises en fermentation ou expédiées en nature sous acquit-à-caution.

Les employés peuvent arrêter la situation des restes et opérer la balance du compte aussi souvent qu'ils le jugent nécessaire.

Les excédents que fait ressortir cette balance sont ajoutés aux charges. Les manquants qu'elle fait apparaître sont portés en sortie.

Sur justifications suffisantes, l'Administration affranchit des droits dont ils sont passibles les sucres que représentent ces manquants.

Art. 23. — Quinze jours au moins avant le commencement de chaque campagne, les distillateurs doivent faire, à la recette buraliste, une déclaration générale du nombre de jours de travail et du rendement d'alcool au minimum par hectolitre de liquide fermenté, qui sera soumis à la distillation, ainsi que de l'heure à partir de laquelle commencera et cessera, chaque jour, le chauffage des appareils à distiller, quand le travail ne devra pas être continu.

Les déclarations modificatives du minimum de rendement et du temps pendant lequel la distillerie fonctionne chaque jour sont également faites, quand il y a lieu, à la recette buraliste.

Digitized by Google

Les déclarations prescrites par le présent article sont complétées par les indications du registre de mise en fermentation spécifiées à l'article suivant:

Ce registre doit être tenu par les distillateurs, à moins qu'ils ne fassent aux employés chargés de l'exercice de leurs usines les déclarations nécessaires pour le remplir.

Art. 18. — Le registre de mise en fermentation doit présenter, sans interruption ni lacune, et sans rature ni surcharge :

1° *A l'instant même où le jus et les matières commencent à être versés dans la cuve :*

Le numéro et la contenance de cette cuve,

La date et l'heure du commencement de l'opération;

2° *A la fin du chargement de chaque cuve :*

L'heure à laquelle le chargement est terminé,

Le poids des mélasses,

Le volume des jus et des matières macérées;

3° *Quand la fermentation est terminée :*

La date et l'heure auxquelles la fermentation a cessé;

4° *A mesure que le contenu de chaque cuve de fermentation est mis en distillation :*

La date et l'heure auxquelles on commence à extraire le liquide fermenté;

L'heure à laquelle l'extraction a cessé et, le cas échéant, la quantité de liquide réservé pour un nouveau chargement.

Ce registre est fourni gratuitement par l'Administration. Il doit être représenté à toute réquisition des employés quand il est tenu par les distillateurs eux-mêmes.

Art. 19. — Les employés sont autorisés à constater la densité des jus et des matières macérées avant et après fermentation, et à prélever, quand ils le jugent nécessaire, des échantillons sur les liquides fermentés destinés à la distillation.

Art. 20. — Il est interdit d'introduire dans les flegmes avant que la vérification et la prise en charge en aient été opérées par le service, aucune quantité de matières susceptibles d'en abaisser le degré alcoolique, à moins que le distillateur ne fournisse préalablement à l'Administration les moyens de constater l'influence de ces matières sur le degré.

Art. 21. — Les employés doivent faire, dans chaque usine en activité, une visite quotidienne au moins, entre 6 heures du matin et 9 heures du soir.

Les flegmes contenus dans les bacs jaugeurs ne peuvent être extraits qu'en présence des agents, si ce n'est dans le cas où ces agents ne se seraient pas conformés a l'obligation qui précède.

Lorsque ce cas peut être prévu, les employés remettent à l'avance au distillateur les clefs des cadenas dont il est question à l'article 13 et des scellés pour être replacés sur ces cadenas.

Après l'extraction totale ou partielle des flegmes opérée sans discontinuité, le distillateur referme les bacs jaugeurs comme les employés l'auraient fait, conformément au dernier paragraphe de l'article 13.

A la première visite des employés, le distillateur leur fait connaître la quantité d'alcool qu'il a extraite des bacs.

Digitized by Google

A chaque visite, les flegmes extraits des bacs jaugeurs sont pris en charge au compte général de fabrication pour la quantité d'alcool qu'ils contiennent.

Après chaque interruption des travaux de la distillation, et avant chaque inventaire effectué en vertu de l'article 25, si les quantités d'alcool successivement prises en charge sont inférieures au rendement minimum déclaré par le distillateur, une prise en charge complémentaire est effectuée au compte de fabrication.

Art. 22. — Un registre magasinier est tenu dans toutes les distilleries où l'Administration le juge utile.

Les employés de la Régie inscrivent sur ce registre le numéro d'ordre, la tare et le poids brut de chaque futaille, le volume et la force alcoolique des spiritueux.

Toute transvasion faite en dehors de la présence des employés doit être préalablement inscrite par le distillateur sur un registre que l'Administration lui remet gratuitement à cet effet, et qui doit être représenté aux employés à toute réquisition.

Art. 23. — L'Administration accorde décharge des mélasses, des liquides fermentés ou des spiritueux dont la perte a été régulièrement constatée dans un procès-verbal dressé par les employés lors de leur prochaine visite.

Art. 24. — L'enlèvement des flegmes doit être déclaré conformément aux dispositions du second paragraphe de l'article 15 ci-dessus.

Toute déclaration d'enlèvement doit rappeler les indications prescrites par l'article 14 en ce qui concerne le numéro d'ordre, la contenance, la tare et le poids brut de chaque futaille.

Lorsque les employés sont présents dans la distillerie à l'heure fixée pour l'enlèvement, le chargement doit être présenté à leur vérification. Ils doivent être mis à même d'opérer leur vérification pendant le jour.

Les quantités d'alcool contenues dans les flegmes expédiés sont portées en décharge au compte de fabrication.

Art. 25. — Les employés peuvent arrêter, à toute époque, la situation du compte de fabrication.

Le distillateur est tenu de faire le plein des tonneaux ou futailles, de manière que le service n'ait à opérer ses vérifications que sur un seul fût en vidange pour chaque espèce de produits.

Si la vérification fait ressortir un excédent, cet excédent est saisi conformément à l'article 100 de la loi du 28 avril 1816; si elle fait ressortir des manquants, ces manquants ne sont affranchis des droits que jusqu'à concurrence de la déduction annuelle fixée en exécution de l'article 6 de la loi du 20 juillet 1837. La déduction est calculée par campagne annuelle, commençant le 1er octobre et finissant le 30 septembre suivant.

Toutefois, en cas de prise en charge supplémentaire au compte de fabrication, dans les conditions prévues par le dernier paragraphe de l'article 21, l'Administration accorde décharge des manquants non couverts par la déduction, lorsqu'ils ne dépassent pas 5 p. 100 des prises en charge, et qu'il est établi qu'ils proviennent de déficits de rendement sur le minimum déclaré.

Lorsque les distillateurs réclament contre les décisions de l'Administra-

Digitized by Google

tion, ou lorsque les déficits dépassent 5 p. 100, le Ministre statue après avoir pris l'avis de la section des finances du Conseil d'État.

Les déclarations modificatives du minimum de rendement et du temps pendant lequel la distillerie fonctionne chaque jour sont faites, quand il y a lieu, aux employés en permanence dans l'usine.

Les déclarations prescrites par le présent article sont complétées par les indications du registre de mise en fermentation spécifiées à l'article suivant.

Ce registre doit être tenu par les distillateurs, à moins qu'ils ne fassent aux employés en permanence dans leurs usines les déclarations nécessaires pour le remplir.

Art. 24. — Le registre de mise en fermentation doit présenter, sans interruption ni lacune, et sans rature ni surcharge :

1° *A l'instant même où le jus et les matières commencent à être versés dans la cuve* :

Le numéro et la contenance de cette cuve,

La date et l'heure du commencement de l'opération ;

2° *A la fin du chargement de chaque cuve* :

L'heure à laquelle le chargement est terminé,

Le poids des farines et celui des mélasses,

Le volume des jus et des matières macérées ;

3° *Quand la fermentation est terminée* :

La date et l'heure auxquelles la fermentation a cessé ;

4° *A mesure que le contenu de chaque cuve de fermentation est mis en distillation* :

La date et l'heure auxquelles on commence à extraire le liquide fermenté.

L'heure à laquelle l'extraction a cessé et, le cas échéant, la quantité de liquide réservée pour un nouveau chargement.

Ce registre est fourni gratuitement par l'Administration. Il doit être représenté à toute réquisition des employés, quand il est tenu par les distillateurs eux-mêmes.

Art. 25. — Les employés sont autorisés à constater la densité des jus et des matières macérées avant et après fermentation, et à prélever, quand ils le jugent nécessaire, des échantillons sur les liquides fermentés destinés à la distillation.

Art. 26. — Indépendamment du compte général de fabrication, des comptes auxiliaires de magasin sont ouverts à chaque distillateur :

Pour les produits à repasser,

Pour les produits achevés, et, s'il y a lieu, pour les résidus ou huiles essentielles.

Art. 27. — Les distillateurs qui ajoutent aux jus fermentés des alcools imparfaits déjà pris en charge sont tenus d'en faire la déclaration aux employés et de les mettre à même d'en reconnaître le volume et le degré.

La quantité d'alcool que représentent ces produits est portée en décharge au compte de magasin. S'il s'agit d'un établissement placé sous le régime de l'article 16, elle vient en atténuation de la quantité d'alcool à prendre en charge au compte général de fabrication.

Art. 28. — A leur entrée dans la distillerie, les flegmes et spiritueux quel

Digitized by Google

conques provenant du dehors doivent être soumis à la vérification des agents de surveillance.

A la suite de chaque vérification, les employés apposent sur chaque futaille une étiquette qu'il est interdit au distillateur de faire disparaître, et qui indique le numéro d'ordre de cette futaille, sa contenance et le degré des spiritueux.

Les produits reconnus sont pris en charge au compte général de fabrication. Ils sont, en outre, pris en charge au compte de magasin des produits à repasser ou à celui des produits achevés, suivant le cas.

Art. 29. — Aucune quantité de flegmes ou d'alcools à repasser ne peut être introduite dans l'appareil à rectifier, sans que la déclaration en ait été faite par le distillateur.

La déclaration doit énoncer :

1° La nature, le volume et le degré des flegmes et des produits à repasser ;

2° Le numéro des vaisseaux d'où ces produits doivent être extraits ;

3° La date et l'heure du chargement de l'appareil.

Il est donné décharge, au compte de magasin, des quantités introduites dans l'appareil à rectifier.

Art. 30. — A la fin de chaque journée, les produits de la rectification sont pris en charge, pour la quantité d'alcool qu'il contiennent, au compte de magasin des alcools achevés ou des produits à repasser, suivant le cas.

Lorsque le distillateur veut mettre en futailles des alcools recueillis dans des récipients à demeure, il en fait la déclaration aux employés.

Le poids et la contenance des futailles sont constatés dans les conditions déterminées par les articles 13 et 14 du présent règlement.

Art. 31. — Les résidus de la rectification impropres à un nouveau repassage sont pris en charge à un compte spécial :

1° Pour leur volume total ;

2° Pour leur degré constaté à l'alcoomètre ;

3° Pour la quantité d'alcool correspondant a ce volume et à ce degré ;

4° Pour la quantité d'alcool qu'ils contiennent réellement.

En cas d'expédition, ces résidus sont accompagnés d'acquits à-caution reproduisant les indications ci-dessus énumérées avec la mention : *Résidus de rectification*. Le compte général de fabrication est déchargé de la quantité d'alcool pur réellement contenu dans les produits expédiés, qui sont, en outre, portés en décharge au compte spécial.

Cette quantité est vérifiée dans les laboratoires de la Régie d'après les échantillons que les employés sont autorisés à prélever tant dans les usines qu'en cours de transport et à destination.

Le distillateur n'obtiendra décharge des résidus de rectification expédiés à des entrepositaires de boissons qu'à la condition que ces résidus seront pris en charge, chez les destinataires, dans les mêmes conditions que chez l'expéditeur.

Art, 32. — Il est interdit de prélever *aux éprouvettes* aucune quantité de flegmes ou d'autres produits, sauf pour les besoins de la dégustation.

Art. 33. — Un registre magasinier est tenu dans toutes les distilleries.

Les employés de la Régie inscrivent sur ce registre le numéro d'ordre, la

Digitized by Google

tare et le poids brut de chaque futaille, le volume et la force alcoolique des spiritueux.

En cas d'accident nécessitant une transvasion, l'employé de service dans l'usine doit être immédiatement prévenu.

Toute autre transvasion doit être déclarée d'avance.

Art. 34. — L'Administration accorde décharge des mélasses, des liquides fermentés ou des spiritueux dont la perte a été régulièrement constatée par les employés.

Art. 35. — L'enlèvement des spiritueux de toute nature doit être déclaré aux employés.

Toute déclaration d'enlèvement doit rappeler les indications prescrites par l'article 14, en ce qui concerne le numéro d'ordre, la contenance, la tare et le poids brut de chaque futaille.

Elle doit indiquer en outre : 1° le degré d'enfoncement de l'alcoomètre et la température à laquelle ce degré a été constaté : 2° le degré alcoolique ramené à la température de 15 degrés centigrades.

Le chargement doit être présenté aux employés. Ces agents doivent être mis à même d'opérer leur vérification pendant le jour.

Les quantités d'alcool contenues dans les produits expédiés sont portées en décharge tant au compte général de fabrication qu'aux comptes de magasin des produits achevés ou des produits à repasser, suivant le cas.

Art. 36. — Les employés peuvent arrêter à toute époque la situation des comptes de magasin relatifs :

1° Aux produits achevés;

2° Aux produits à repasser;

3° Aux huiles essentielles.

Le distillateur est tenu de faire le plein des tonneaux ou futailles, de manière que le service n'ait à opérer ses vérifications que sur un seul fût en vidange pour chaque espèce de produits.

Si la vérification opérée contradictoirement fait ressortir un excédent, cet excédent est ajouté aux charges. Toutefois, si aucun travail de distillation ou de rectification n'a été effectué depuis la dernière prise en charge au compte de magasin, l'excédent est saisi conformément à l'article 100 de la loi du 28 avril 1816.

Si la vérification fait ressortir des manquants, ces manquants ne sont admis en décharge que jusqu'à concurrence de la déduction annuelle fixée en exécution de l'article 6 de la loi susvisée du 20 juillet 1837. La déduction est calculée par campagne annuelle commençant le 1er octobre et finissant le 30 septembre suivant.

Art. 37. — Un inventaire général des produits de la distillation et de la rectification est opéré toutes les fois que les employés le jugent nécessaire. Cet inventaire est fait, autant que possible, lorsque les appareils sont au repos.

Art. 38. — Dans les distilleries qui ne mettent en œuvre que des produits venant du dehors, pris en charge à l'entrée des usines, et dans celles où les flegmes obtenus sur place sont pris en charge au compte général de fabrication à la sortie des bacs jaugeurs (art. 16), les quantités d'alcool qui, à la

Digitized by Google

suite de chaque inventaire, constituent un excédent sur la prise en charge sont saisies conformément à l'article 100 de la loi du 28 avril 1816.

Les manquants que fait apparaître la balance du compte général de fabrication, après allocation de la déduction acquise aux comptes de magasin, sont immédiatement imposables.

Toutefois, l'administration accorde décharge des manquants constatés sur la prise en charge au compte général de fabrication, lorsqu'il est établi qu'ils proviennent de déficit de rendement sur le minimum déclaré, ou de déchets de rectification, et qu'ils ne dépassent pas 5 0/0 des prises en charge.

Lorsque les distillateurs réclament contre la décision de l'Administration, ou lorsque les déficits ou les déchets dépassent 5 0/0, le ministre statue, après avoir pris l'avis de la section des finances du conseil d'Etat.

Art. 39. — Dans les distilleries où la prise en charge au compte général de fabrication est opérée suivant le second système défini par l'article 15 du présent règlement, si la balance de ce compte fait ressortir un excédent, cet excédent est ajouté aux charges, conformément aux dispositions du dernier paragraphe de l'article 19.

Si l'inventaire fait ressortir un manquant, ce manquant est soumis à l'impôt, ou admis en décharge dans les conditions déterminées par les trois derniers paragraphes de l'article précédent.

Décret du 19 *septembre.*

Portant règlement d'administration publique sur les distilleries agricoles.

Règlement *A bis.*

Art. 1er. — Sont considérées comme agricoles et soumises aux dispositions du présent règlement les distilleries qui mettent en œuvre des matières autres que des vins, cidres, poirés, lies, marcs et fruits, qui ne reçoivent aucune quantité de spiritueux du dehors et ne produisent que des flegmes expédiés en totalité chez des rectificateurs.

Le règlement du 18 juillet 1878 cessera d'être exécutoire pour les distilleries agricoles à partir du 1er octobre 1879, date à laquelle le présent règlement sera appliqué.

Art. 2. — Les employés de la régie des contributions indirectes sont autorisés à pénétrer dans les distilleries à toute heure de jour et de nuit et à y exercer une surveillance permanente, lorsqu'il existe dans les ateliers des matières en fermentation ou des liquides susceptibles d'être livrés à la distillation.

Art. 3. — Le distillateur est tenu de mettre à la disposition des employés de service dans l'intérieur de l'usine deux chaises et une table avec tiroir fermant à clef.

Le prix de la location de ces meubles est fixé de gré à gré, ou, à défaut de fixation amiable, réglé par le préfet.

Art. 4. — Toute communication intérieure entre les locaux affectés à des opérations de distillation et les bâtiments voisins non occupés par le distillateur, ou ceux dans lesquels l'industriel se livre soit à la fabrication ou au commerce des boissons fermentées autres que les flegmes qu'il obtient sur place, soit à la préparation des liqueurs ou des eaux-de-vie aromatisées,

Digitized by Google

telles que les absinthes ou les similaires d'absinthes, etc., est interdite et doit être supprimée.

Le distillateur est tenu, à partir du jour où il en est requis par l'Administration, d'intercepter les communications interdites par une construction en maçonnerie.

Art. 5. — La capacité des chaudières, des alambics, des citernes et des vaisseaux déclarés conformément aux articles 117, 118 et 140 de la loi du 28 avril 1816 est vérifiée par le jaugeage métrique, et, au besoin, par empotement.

Chaque chaudière, alambic, citerne, vaisseau et récipient quelconque reçoit un numéro d'ordre avec l'indication de sa contenance en litres.

Les numéros et l'indication de la contenance sont peints à l'huile, en caractères ayant au moins cinq centimètres de hauteur, par les soins et aux frais du déclarant.

Art. 6. — Les distillateurs sont tenus de fournir les ouvriers et les ustensiles nécessaires, tant pour le jaugeage des vaisseaux et récipients que pour le pesage et le mesurage des mélasses et des produits de toute nature, lors des exercices, des recensements, des inventaires et de la vérification des chargements au départ ou à l'arrivée.

Art. 7. — A la sortie des appareils à distiller, les flegmes sont dirigés dans un ou plusieurs récipients d'où ils ne peuvent être extraits qu'avec la coopération du service de la Régie, sauf dans les cas prévus à l'article 21.

Ces récipients ou *bacs jaugeurs* doivent être isolés et reposer sur des supports à jour. Ils sont fermés et munis de deux échelles graduées par hectolitre, ou, si les dimensions du récipient permettent que l'espace d'une division à l'autre soit de trois millimètres au moins, par décalitre ou litre. Ces échelles sont fixées sur les points désignés par les employés. Elles peuvent être remplacées par une jauge métallique graduée sur l'une de ses faces comme les échelles elles-mêmes, et sur l'autre face par centimètre. Deux ouvertures sont ménagées aux points indiqués par les employés pour l'entrée de la jauge.

Les ouvertures des bacs jaugeurs sont closes par des couvercles scellés dans les conditions spécifiées par le cinquième paragraphe du présent article.

Les points de raccord des tuyaux au moyen desquels ces bacs sont reliés entre eux et avec l'appareil à distiller ne peuvent être démontés qu'en présence des employés de la Régie. Ces agents fixent sur les rondelles formant raccord un plomb ou un scellé que le distillateur ne peut faire disparaître.

Les robinets adaptés à ces tuyaux et aux bacs jaugeurs doivent être maintenus fermés, soit par un cadenas ou par un plomb, soit par tout autre moyen adopté de concert entre le service et le distillateur.

Les récipients actuellement en usage pour recevoir les flegmes à la sortie des appareils à distiller peuvent être admis à titre de bacs jaugeurs, à la condition qu'ils seront fermés, cadenassés et munis d'échelles ou de jauge conformément aux prescriptions ci-dessus.

Lorsque les bacs jaugeurs sont vides, le distillateur est tenu de les faire nettoyer, s'il en est requis par les employés, afin que ces agents puissent les vérifier à l'intérieur.

Digitized by Google

L'Administration peut exiger que les bacs pleins ou en vidange soient vidés et nettoyés toutes les fois que les travaux de distillation sont interrompus pour quarante-huit heures au moins.

Art. 8. — Tout récipient destiné à recevoir les flegmes pris en charge à la sortie des bacs jaugeurs doit être muni d'un indicateur avec tube en verre disposé de manière à présenter extérieurement le niveau du liquide.

Cet indicateur, dont l'échelle est graduée par centimètre, peut être remplacé par une jauge métallique également graduée par centimètre et qui doit pouvoir être introduite dans le récipient auquel elle se rapporte, dans les conditions déterminées par le deuxième paragraphe de l'article précédent.

Art. 9. — *L'éprouvette* qui reçoit les flegmes sortant de l'appareil à distiller doit être surmontée d'une toile métallique ou d'un globe de verre fixé de telle sorte qu'aucun prélèvement de liquide ne puisse y être effectué sans la coopération du service.

Toutefois, un robinet dont le modèle doit être approuvé par l'administration peut être installé pour les besoins de la dégustation.

Art. 10. — Toute quantité d'alcool trouvée en dehors des bacs jaugeurs et des récipients autres que ceux dont il est question dans les articles 5 et 8, ou en dehors des futailles inscrites au registre magasinier dont la tenue est prescrite par l'article 22 ci-après, est réputée fabriquée en fraude et saisie.

Art. 11. — L'Administration a la faculté de faire installer à ses frais, dans les conditions qu'elle déterminera, des compteurs destinés à mesurer les quantités de liquide alcoolique qui coulent de chaque appareil à distiller.

Art. 12. — Toute distillerie doit être pourvue, par les soins et aux frais de l'industriel, d'un dépotoir dûment contrôlé par le vérificateur des poids et mesures.

L'échelle de ce dépotoir est graduée par hectolitre dans sa partie supérieure, et par fractions d'un litre chacune dans sa partie inférieure, pour une contenance d'un hectolitre au moins. L'espace d'une division à l'autre ne doit pas être inférieur à trois millimètres. Toutes les indications de cette échelle doivent être facilement lisibles.

L'empotement des futailles est opéré, soit préalablement au moyen de l'eau, soit par le versement même de l'alcool au moment de l'emplissage des fûts.

Les dépotoirs actuellement en usage dans les distilleries peuvent être admis après vérification du service des poids et mesures.

Tous les distillateurs doivent, en outre, mettre à la disposition de la Régie une bascule et des poids pour le pesage des alcools et des futailles.

Sont affranchis des prescriptions du présent article les distillateurs qui expédient les produits de leur fabrication dans des récipients ou futailles dont la capacité aura été préalablement déterminée chez le rectificateur destinataire des flegmes et qui se trouvent dans les conditions indiquées à l'article 14.

Art. 13. — Les plombs et les cadenas dont l'usage est prescrit par le présent règlement sont fournis gratuitement par l'Administration : ils sont placés, aux frais des industriels, suivant les indications des employés de la Régie.

Digitized by Google

Ces agents peuvent fixer, sur l'entrée de ces cadenas dont ils conservent les clés, un scellé qui ne peut être brisé par les distillateurs sous aucun prétexte, sauf dans le cas où les agents ne se seraient pas présentés à l'usine dans les délais prescrits par le premier paragraphe de l'article 21.

Art. 14. — Les tonneaux et futailles quelconques employés pour l'emmagasinement et le transport des flegmes doivent présenter la marque indicative de leur capacité.

Cette indication est peinte ou marquée au feu ou à la rouanne. Elle est reproduite sur une étiquette que les employés fixent sur l'un des fonds de la futaille dès qu'elle a été remplie et pesée. L'étiquette porte en outre les mentions relatives au numéro d'ordre, à la tare (poids à vide) après le plâtrage et au poids brut de la futaille, au volume et à la force alcoolique des spiritueux. Toutes ces indications sont reproduites sur les titres de mouvement. L'étiquette est signée par les employés. Il est interdit au distillateur de la faire disparaître.

Les opérations relatives à la pesée de la futaille, à son remplissage avec de l'alcool et à la constatation du poids brut, doivent suivre sans interruption.

Art. 15. — Les déclarations prescrites par les articles 117 et 140 de la loi du 28 avril 1816, relativement à la profession de distillateur et à la contenance des vaisseaux en usage dans les distilleries, doivent être faites à la recette buraliste, quinze jours au moins avant le commencement des travaux de distillation.

Les autres déclarations prescrites par le présent règlement sont également reçues à la recette buraliste.

Elles doivent y être faites six heures au moins d'avance.

Les dispositions qui précèdent ne s'appliquent pas aux déclarations que les distillateurs doivent faire aux employés, en exécution du dernier paragraphe de l'article ci-après, quand ils ne tiennent pas eux-mêmes le registre de fermentation.

Art. 16. — Toute introduction de mélasses doit être justifiée par la représentation d'un acquit-à-caution.

Les quantités introduites sont vérifiées par les employés, qui les prennent en charge à un compte spécial d'après le poids reconnu à l'arrivée.

Ce compte est successivement déchargé des quantités mises en fermentation ou expédiées en nature sous acquit-à-caution.

Les employés peuvent arrêter la situation des restes et opérer la balance du compte aussi souvent qu'ils le jugent nécessaire.

Les excédents que fait ressortir cette balance sont ajoutés aux charges. Les manquants qu'elle fait apparaître sont portés en sortie.

Sur justifications suffisantes, l'Administration affranchit des droits dont ils sont passibles les sucres que représentent ces manquants.

Art. 17. — Quinze jours au moins avant le commencement de chaque campagne, les distillateurs doivent faire à la recette buraliste une déclaration générale du nombre de jours de travail et du rendement d'alcool au minimum par hectolitre de liquide fermenté qui sera soumis à la distillation, ainsi que de l'heure à partir de laquelle commencera et cessera, chaque

Digitized by Google

jour, le chauffage des appareils à distiller, quand le travail ne devra pas être continu.

Loi du 16 *décembre* 1897.

Art. 7. — Les expéditeurs d'alcool, lorsqu'il s'agit de chargements supérieurs à un hectolitre (1 h.) d'alcool pur, sont tenus d'ajouter à leurs déclarations la désignation de la tare et du poids brut de chaque fût déclaré, avec le numéro du fût en regard, ainsi que la température à laquelle le degré alcoolique aura été constaté.

La pièce de régie qui accompagne la marchandise devra reproduire ces indications.

Art. 8. — Lorsque le chargement dépassera l'hectolitre en alcool pur pour les spiritueux la régie exigera que l'acquit-à-caution délivré pour accompagner le chargement soit visé en cours de transport à un ou plusieurs bureaux des contributions indirectes, des douanes ou de l'octroi. Le défaut d'accomplissement de cette obligation entrainera la non décharge de l'acquit-à-caution.

La déclaration d'enlèvement devra être faite au moins deux heures à l'avance et le service pourra apposer une vignette ou un scellement qui, sous les peines portées à l'article 1er de la loi du 28 février 1872, devra être présenté intact à l'arrivée.

Seront punies des mêmes peines toute déclaration d'enlèvement faite sous un nom supposé ou sous le nom d'un tiers sans son consentement, toute déclaration ayant pour but de simuler un enlèvement non effectivement réalisé.

Art. 9. — La contenance des réservoirs d'une capacité supérieure à dix hectolitres (10 h.) déstinés au transport de l'alcool sur les voies ferrées ou par bateaux, devra être déclarée au bureau de la régie et gravée ou peinte, d'une manière apparente, sur chacun d'eux, avant qu'il puisse en être fait usage. Cette contenance sera mesurée dans les conditions déterminées par les articles 117 et 118 de la loi du 28 avril 1816.

Art. 10. — En ce qui concerne les alcools logés dans des récipients autres que les fûts en bois, la déduction allouée par l'article 1er du décret du 4 décembre 1872 est fixée à trois pour cent (3 p. 100).

Quand les déchets résultant de la fabrication des extraits alcooliques, de liqueurs et de la préparation de fruits à l'eau-de-vie ne sont pas couverts par la déduction ordinaire pour ouillage, coulage, soutirage ou affaiblissement de degré, les liquoristes et marchands en gros et les fabricants d'eaux de senteur obtiennent à cet égard un supplément de déduction.

Ce supplément est réglé, lors de chaque recensement, dans la limite de trois pour cent (3 p. 100) des quantités d'alcool afférentes aux extraits alcooliques, aux liqueurs et aux fruits ou jus de fruits à l'eau-de-vie, fabriqués par distillation ou par infusion depuis le recensement précédent.

Les dispositions qui précèdent sont applicables aux fabricants de bitters, d'absinthes et de produits similaires et analogues.

Les fabrications des industriels doivent, à cet effet, être précédées de déclarations et sont suivies à des comptes distincts.

Digitized by Google

Le régime de l'admission temporaire créé par l'article 5 de la loi du 5 juillet 1836 sera rendu applicable, en ce qui concerne les droits intérieurs généraux et locaux, aux eaux-de-vie, esprits et autres alcools de toute origine introduits dans Paris pour y être transformés en spiritueux composés.

Les négociants admis au bénéfice de ce régime auront droit à des déductions pour ouillage, coulage, affaiblissement de degré et déchets de fabrication.

Un règlement d'administration publique déterminera la condition d'application du présent article et des articles 7, 8 et 9.

Art. 11. — Toute revivification ou tentative de revivification d'alcools dénaturés, toute manœuvre ayant pour objet, soit de détourner des alcools dénaturés ou présentés à la dénaturation, soit de faire accepter à la dénaturation des alcools déjà dénaturés, toute vente ou détention de spiritueux dans la préparation desquels seront entrés des alcools dénaturés ou des mélanges d'alcools éthylique et méthylique, sont punies d'un emprisonnement de six jours à six mois et d'une amende de cinq mille à dix mille francs (5.000 a 10.000 fr.).

Les autres contraventions aux dispositions de la présente loi ou du décret rendu pour son exécution seront punies d'une amende de cinq cents à cinq mille francs (500 à 5.000 fr.).

Le tout sans préjudice du remboursement des droits fraudés et de la confiscation des appareils et liquides saisis.

En cas de récidive, l'amende sera doublée.

Les mêmes peines seront applicables à toute personne convaincue d'avoir facilité la fraude ou procuré sciemment les moyens de la connaître.

Les pénalités édictées par les articles 11 et 12 de la loi du 21 juin 1873, soit contre les auteurs principaux, soit contre les complices, sont applicables aux fraudes commises dans les distilleries à l'aide de souterrains ou tout autre moyen d'adduction ou de transport dissimulé de l'alcool.

Décret du 29 *novembre* 1898.

Art. 1er. — Le numéro des fûts dont la déclaration est prescrite par l'article 7 de la loi du 16 décembre 1897 est peint sur les vaisseaux en caractères apparents ou bien marqué au feu ou à la rouanne.

Les indications à mentionner dans les déclarations doivent être présentées dans l'ordre suivant :

Poids brut; tare ; poids net; degré marqué par l'alcoomètre ; température à laquelle ce degré a été constaté ; degré rectifié d'après la table des richesses de Gay-Lussac.

Art. 2. — Pour l'application du premier paragraphe de l'article 8 de la loi du 16 décembre 1897, il est dressé, dans chaque bureau de déclaration, un tableau des parcours jusqu'à une distance déterminée par le directeur suivant les localités et les habitudes commerciales.

Le directeur fixe les points de ces parcours auxquels les chargements doivent être représentés et les acquits visés, sans que l'obligation du visa puisse détourner le chargement de sa route normale.

Digitized by Google

Le service local peut, si les circonstances lui paraissent le commander, indiquer d'autres points.

A l'égard des chargements qui empruntent la voie ferrée, le timbre des gares apposé sur les acquits tient lieu de visa pour la partie du trajet effectuée par cette voie.

Si le parcours se continue par terre sur une longueur de plus de 10 kilomètres, l'acquit-à-caution peut, en outre, mentionner l'obligation du visa à un bureau des contributions indirectes, des douanes ou de l'octroi, s'il en existe sur la route normale à suivre pour cette partie du trajet.

Le visa doit être réclamé à l'instant même où le chargement parvient au point désigné.

Art. 3. — Pendant le délai de deux heures exigé par le deuxième paragraphe de l'article 8 de la loi du 16 décembre 1897, le service peut, lorsqu'il le juge utile, intervenir à l'effet d'apposer aux principales ouvertures des fûts ou autres récipients une ou plusieurs vignettes reproduisant le numéro et la date du titre de mouvement.

Il peut également sceller au plomb ou à la cire, aux marques de l'administration, les vaisseaux qui se prêteraient à cette opération.

Les expéditeurs doivent garantir les vignettes, de même que les cachets en cire, lorsque la précaution est jugée utile, au moyen d'une plaque métallique clouée sur les marques.

Les plombs fournis par l'administration sont payés au même taux qu'en matière de sucres.

L'acquit-à-caution mentionne l'espèce et le nombre des vignettes ou scellements et en donne la description.

Art. 4. — La contenance des réservoirs d'une capacité supérieure à 10 hectolitres destinés au transport de l'alcool sur les voies ferrées ou par bateaux est déterminée tranche par tranche, de telle sorte que la quantité d'alcool y contenue se trouve directement indiquée par la hauteur même à laquelle s'élève le liquide.

Cette contenance est gravée ou peinte sur les réservoirs par les soins et aux frais des possesseurs de ces récipients.

Toute modification de la contenance des réservoirs doit être précédée d'une déclaration et entraine une nouvelle vérification.

Art. 5. — Pour l'application du double taux de déduction chez les entrepositaires d'alcool qui utilisent à la fois des fûts en bois et des récipients autres que les fûts en bois, il est fait, lors de chaque recensement, une distinction entre les quantités logées dans les fûts en bois et celles qui sont renfermées dans les autres récipients.

Les manquants ne sont réglés qu'au moment des arrêtés de fin d'année ou de la clôture des comptes.

Toutefois, si, en dehors des époques ainsi déterminées, les manquants constatés dépassaient la déduction calculée d'après le taux le plus favorable aux entrepositaires (7 p. 100), le surplus de ces manquants deviendrait immédiatement et définitivement imposable comme sous le régime de la déduction unique.

En fin d'année ou au moment de la clôture des comptes, les nombres résultant des calculs préparatoires établis depuis la reprise annuelle où l'ouver-

Digitized by Google

ture des comptes sur les registres de l'administration et qui doivent servir de base au décompte de la déduction sont partagés proportionnellement aux totaux des restes reconnus, lors de chaque recensement, dans l'une et l'autre catégorie de récipients. A chacun des chiffres ainsi obtenus, il est fait application du taux de la déduction qu'il comporte (7 p. 100 pour les fûts en bois, 3 p. 100 pour les récipients autres que les fûts en bois).

Art. 6. — Le bénéfice de l'allocation prévue par les paragraphes 2 à 5 de l'article 10 de la loi du 16 décembre 1897 est subordonné à l'accomplissement des formalités ci-après : .

La contenance des alambics et celle des vaisseaux de fabrication doivent être déclarées à l'administration. La contenance est reconnue et marquée dans les conditions réglées par l'article 6 de la loi du 24 juin 1824 sur l'exercice des fabriques de liqueurs. La déclaration de contenance est complétée par l'indication d'un numéro d'ordre pour chacun des alambics ou vaisseaux, numéro qui doit être reproduit sur les récipients en caractères apparents et indélébiles.

Les déclarations qui, aux termes du cinquième paragraphe de l'article 10 de la loi du 16 décembre 1897, doivent précéder les fabrications, sont faites une heure au moins à l'avance.

Elles énoncent : le numéro d'ordre des alambics ou vaisseaux dans lesquels le versement doit être effectué ; la situation des alambics ou vaisseaux, s'ils n'ont pas été préalablement vidés ; les quantités d'esprit en nature (volume, degré, alcool pur) qui seront versées directement dans chacun des alambics ou dans les vaisseaux servant aux opérations de fabrication ; l'heure à laquelle commencera et l'heure à laquelle s'achèvera le versement des alcools.

A la fin de l'opération, la déclaration est complétée par l'indication du volume total occupé par le liquide et les matières sur lesquelles il a été versé.

Il ne doit être fait aucun soutirage pendant l'heure qui suit le versement.

Les industriels qui ont à faire quotidiennement des déclarations de fabrication peuvent être autorisés à consigner eux-mêmes ces déclarations sur des registres fournis par eux et disposés conformément aux indications données par l'administration. Ces registres sont préalablement cotés et paraphés par le chef local de service.

Ne peuvent être comprises dans ces déclarations les quantités d'alcool en nature versées sur des extraits, alcoolats, teintures déjà fabriquées, ni celles qui seraient versées sur des matières déjà épuisées par des fabrications antérieures.

Le compte spécial à tenir en exécution du paragraphe 5 est ainsi constitué :

En reprise, figurent les restes reconnus au recensement final de l'année précédente dans les alambics et vaisseaux à l'état de produits non achevés. Successivement sont inscrites les déclarations de fabrication et les quantités d'alcool y énoncées. Lors des recensements, on déduit du total les restes en produits non achevés reconnus dans les alambics et vaisseaux déclarés. La différence en alcool pur représente la quantité sur laquelle doit être calculée l'allocation supplémentaire dans le cas de manquants non couverts par la déduction de 3 ou de 7 p. 100.

Chez les industriels qui utilisent à la fois des fûts en bois et des récipients

Digitized by Google

autres que les fûts en bois, le règlement définitif de l'allocation supplémentaire n'a lieu qu'en fin d'année ou à la clôture des comptes.

En fin d'année ou à la clôture des comptes, il est fait emploi des allocations supplémentaires qui n'auraient pas été utilisées au cours de l'année.

Lettre commune n° 204 du 7 juillet 1900.

L'attention du service chargé de l'exercice des distilleries, et plus spécialement des chefs de poste, doit se porter sur le contrôle du rendement des matières premières mises en œuvre.

Le point de départ des divers contrôles à exercer est la connaissance de la richesse saccharine des matières.

En ce qui concerne les mélasses, ce renseignement est fourni par le degré saccharimétrique qui, désormais, devra être relaté sur les acquits à caution. Il conviendra, dans les distilleries qui travaillent des produits de l'espèce, de les suivre, non pas seulement pour leur volume et leur poids, mais encore pour la quantité de sucre qu'ils renferment.

Le second contrôle à exercer repose sur la perte de densité que subissent les macérations pendant le travail de décomposition du sucre en alcool sous l'action des ferments ; il consiste à déterminer, en prenant la densité des jus avant et après fermentation, quelle est la quantité de sucre décomposée et réellement transformée en alcool.

A ce sujet, il y a lieu de remarquer que le coefficient 1.214 ou 1,2, indiqué par la circulaire n° 275, du 22 septembre 1897, ne peut plus être considéré comme correspondant à la réalité. Ce coefficient paraissait représenter, à l'époque, le rendement moyen obtenu. Mais les perfectionnements réalisés par l'industrie ont relevé sensiblement le taux de la production. D'autre part, on avait pensé, en 1879, que la perte d'un degré de densité correspondait, par hectolitre de jus fermenté, à la fermentation de 2 kilogr. 68 de sucre en alcool. Or, il n'en est pas ainsi.

Lorsque, dans un hectolitre de dissolution sucrée, on substitue un litre d'alcool au même volume du sucre, on fait perdre à la masse un poids de 0 kilogr. 007 (différence entre la densité de sucre : 1 kilogr. 595 et la densité de l'alcool : 0 kilogr. 7943), et le poids spécifique du mélange s'abaisse de 8 gr. 007 (1). Une chute densimétrique de 8 gr. 007 indique qu'un décimètre cube de sucre, soit 1 kilogr. 595, s'est converti en alcool. Dès lors, la perte d'un degré ou de 10 grammes correspond à la décomposition de 1 kilogr. 992 de sucre et non de 2 kilogr. 68 $\left(\frac{1\text{ k. }595 \times 10}{8.007} = 1\text{ k. }992\right)$

On sait, d'autre part, que 100 kilogrammes de sucre doivent produire théoriquement 51 kilogr. 12 d'alcool et que le litre d'alcool anhydre pèse 0 kilogr. 7943 (au lieu de 0 kilogr. 7947) à la température de 15°.

Par suite, la quantité, en volume d'alcool correspondant à la perte d'un degré de densité, c'est-à-dire à la décomposition de 1 kilogr. 992 de sucre, est de 1 lit. 282 $\left(\frac{51.12 \times 1\ 992}{100 \times 0.7943} = 1.282\right)$, soit, en chiffres ronds, 1,3.

(1) Le sucre décomposé occupe sensiblement le même volume que l'alcool produit au cours de la décomposition.

Digitized by Google

Cette quotité de 1,3 représente le rendement théorique qui peut être obtenu dans les expériences de laboratoire : elle constitue un maximum dont doit s'approcher une fabrication bien conduite. Il y a lieu de l'adopter dès l'ouverture de la prochaine campagne, pour la comparer à la production effective.

Les indications fournies par le calcul peuvent, d'ailleurs, être pratiquement contrôlées par l'essai des jus fermentés, à l'aide de l'alambic Salleron. Ces distillations d'épreuves devront être multipliées le plus possible et il conviendra d'en consigner les résultats sur un carnet spécial qui mentionnera la date de chaque opération, le degré obtenu, ainsi que la cuve sur laquelle l'épreuve aura porté.

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER. — LA BETTERAVE ET SON ANALYSE

1. Des conditions d'installation d'une distillerie agricole. 1
2. La betterave. 3
3. Dosage du sucre dans la betterave. 6

CHAP. II. — EXTRACTION DU JUS DE LA BETTERAVE

1. Transport et conservation de betteraves 23
2. Lavage des betteraves. 27
3. Extraction du jus. 38

CHAP. III. — ALCOOMÉTRIE

1. Propriétés de l'alcool. 116
2. Principes de l'alcoométrie. 120
3. Détermination de l'alcool dans les mélanges. 166

CHAP. IV. — THÉORIE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

1. Généralités sur les levures. 190
2. Espèces diverses de levures. 217
3. Ferments secondaires 229
4. Analyse de la levure 236

CHAP. V. — PRATIQUE DE LA FERMENTATION

1. Pratique ordinaire de la fermentation. 239
2. Fermentation des jus de betteraves par les procédés Jacquemin 253
3. Appareil continu à levains purs, système Barbet. . . . 265
4. Fermentation continue aseptique à la levure pure, système Guillaume. 281
5. Travail des betteraves par les levures acclimatées Effront 287

Digitized by Google

Chap. VI. — ANALYSE DES MOUTS FERMENTÉS

1. Analyse qualitative. 290
2. Analyse quantitative 293
2. L'atténuation 298

Chap. VII. — DISTILLATION

1. Généralités 311
2. Principes de la distillation 320
3. Colonnes à distiller. 330

Chap. VIII. — RECTIFICATION

1. Généralités. 348
2. Théorie de la rectification 351
3. Colonnes discontinues 355
4. Rectification continue Barbet. 363
5. Auto-rectificateurs continus O. Perrier. 383
6. Rectification-distillation continue Guillaume. 396
7. Epuration de l'alcool par le charbon 418

Chap. IX. — ANALYSE DES ALCOOLS

1. Recherche des alcools supérieurs. 427
2. Recherche de l'aldéhyde. 434
3. Recherche du furfurol 438
4. Bases organiques. 438
5. Acétone 439
6. Dosage des éthers. 441
7. Ensemble des impuretés par la méthode Barbet. . . . 441
8. Ensemble d'une distillerie agricole. 443

Chap. X. — LÉGISLATION DES DISTILLERIES

Législation française des distilleries agricoles et industrielles 451

Digitized by Google

Description d'un Laboratoire d'analyse pour la reproduction de la graine de betterave (1)

Peu d'industries agricoles demandent plus de soins délicats et de longs travaux que celle de la production de la graine de betterave sucrière.

C'est qu'en effet, la concurrence effrénée qui existe entre les différents pays producteurs de sucre impose à nos industriels la recherche d'une diminution constante dans le prix de revient du produit fabriqué, et les oblige en conséquence à n'accepter qu'une matière première à la fois très riche et rémunératrice pour la culture.

Nous disions que la production de la graine exige des soins délicats et de longs travaux : si nous partons d'une betterave de choix, prise comme type, quatre ans se seront écoulés avant que le producteur débutant puisse livrer à la culture et à la fabrique le premier kilogramme de marchandise.

Voici, à titre d'exemple, le détail des opérations de la sélection, telles qu'elles se pratiquent chez M. Simon-Legrand, un de nos plus importants producteurs, à Vivaise, près Laon (Aisne).

Le laboratoire est parfaitement compris pour obtenir, par des manipulations simples et rapides, des résultats précis et de toute garantie.

Les betteraves destinées à la reproduction sont toutes analysées indistinctement par la méthode Pellet (digestion aqueuse à froid), qui repose sur la dissolution dans l'eau du sucre contenu dans un poids donné de râpure fine et dans l'examen au polarimètre de la solution claire obtenue.

Les racines, amenées dans un magasin d'attente contigu au laboratoire, subissent tout d'abord un triage rigoureux, afin d'écarter toutes celles qui manifestent une tendance à dégénérer : cette sélection physique est faite par des ouvriers habiles et expérimentés.

Ajoutons que cette sélection physique est opérée au cours des travaux, chaque fois que l'occasion s'en présente.

Les betteraves triées amenées au laboratoire sont perforées au moyen d'un foret-râpe de Keil (2), puis placées dans une série de casiers numérotés de 1 à 288. Ces casiers sont disposés sur un tourniquet de forme hexagonale, à raison de 48 par panneau.

Le foret-râpe qui tourne avec une rapidité considérable (1.200 tours environ par minute), se compose essentiellement d'une petite râpe conique percée d'ouvertures longitudinales et munies d'une tige terminée par un piston : le tout est fixé par une fermeture à baïonnette sur la tige creuse du cylindre constituant le corps de l'appareil.

La betterave présentée au foret donne une pulpe très fine, qui pénètre par les ouvertures et remplit l'espace limité par le piston ; la betterave étant perforée, on retire le cône qui entraîne la râpure.

(1) Extrait des *Annales de la Revue Agricole, Industrielle, Historique et Artistique de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts de l'Arrondissement de Valenciennes*, 49e année, t. XLVII, nos 5 et 6, mai et juin 1897.

(2) En vue d'obtenir l'échantillon nécessaire à l'analyse.

Digitized by Google

L'échantillon doit représenter la richesse moyenne de la racine : il importe moins toutefois d'obtenir la richesse absolue que des résultats absolument comparables, ce que l'on obtient en procédant d'une manière uniforme : le point où il convient de percer la betterave est variable d'allleurs, suivant la conformation de cette dernière, et suivant les chimistes qui se sont occupés de cette question, la ligne de richesse moyenne peut occuper des positions bien différentes.

La râpure de chacune des racines est reçue dans un godet de verre : signalons le dispositif ingénieux adopté pour éviter toute confusion dans la suite des manipulations auxquelles les nombreux échantillons prélevés vont être soumis.

Il consiste en une série de 48 supports en bois, présentant chacun 6 alvéoles ; ces alvéoles sont numérotées de 1 à 288 et l'échantillon qne chacune d'elles renferme correspond toujours au nombre du casier du tourniquet où est placée la betterave soumise à l'analyse : la section de ces alvéoles est telle que l'on peut y dèposer successivement le godet à râpure, une capsule métallique, un ballon de 50 cc., un verre.

Quatre personnes sont continuellement occupées aux pesées : on met dans chaque capsule le quart du poids normal, c'est-à-dire 4 gr. 07 de râpure. Le contenu d'une capsule est vidé dans un ballon de 50 cc. à l'aide d'un jet d'eau additionnée de sous-acétate de plomb : immédiatement après cette opération, un ouvrier nettoie la capsule, la flambe et la remet au poste des balances.

Les ballons jaugés à 50 cc. sont laissés en digestion pendant une demi-heure environ, les supports contenant alors ces ballons sont placés sur la table de filtration où il existe 8 batteries de 6 filtres : là encore, pour éviter toute confusion, des dispositions spéciales sont prises pour que les supports ne soient pas mélangés.

Les jus filtrés et clairs contenant une quantité de sucre proportionnelle à celle que contient la betterave, sont alors examinés au saccharimètre Laurent.

Les essais saccharimétriques sont basés sur l'action exercée par les solutions sucrées sur la lumière polarisée, cette action étant proportionnelle à la quantité de sucre contenu dans la dissolution, l'est également à la quantité de sucre contenu dans un poids donné de betterave. Les jus sont examinés successivement dans un tube de 40 cm. de longueur, dont le remplissage s'opère très rapidement, grâce à une disposition particulière due à M. Pellet, et consistant dans l'adjonction, aux extrémités du tube, de deux tubulures munies de caoutchouc formant siphon.

Le poids de râpure, le volume de la dissolution, la longueur du tube et la graduation de l'appareil, sont combinés de façon que l'opérateur obtienne par une simple lecture la quantité de sucre directement contenu dans 100 grammes de betteraves.

Deux chimistes, employés à tour de rôle, font 96 polarisations successives : un aide verse le contenu de chaque verre dans le tube en appelant les numéros : le chimiste inscrit le résultat trouvé sur une feuille disposés pour 96 analyses, ce qui correspond aux betteraves de deux panneaux du tourni-

Digitized by Google

quet. On arrive ainsi, dans ce laboratoire, au chiffre respectable de 5.000 analyses par jour.

Le chimiste qui a terminé une série de 96 polorisations se rend avec la feuille des resultats devant le tourniquet aux betteraves, fait retirer les racines des casiers et classe celles-ci selon leur richesse : comme contrôle, et au fur et à mesure que le chimiste appelle les résultats, l'ouvrier, en retirant successivement les betteraves des casiers, en appelle le numéro d'ordre. qui doit correspondre sur la feuille du chimiste, au chiffre placé en regard du résultat : ajoutons que la vérification du travail est faite par un chimiste étranger au labora(oire, dont les essais portent sur les betteraves qui ont été analysées, afin de comparer les résultats obtenus de part et d'autre.

Un type uniforme et la réduction des collets en vue d'augmenter le plus possible le poids de la betterave, eu égard cependant à la richesse, est surtout le but poursuivi à Vivaise.

Pour un travail quotidien de 5 000 analyses, le laboratoire de Vivaise compte comme personnel : un surveillant, un homme pour le transport des betteraves, deux pour la prise des essais, quatre personnes pour les essais, deux pour le jaugeage des ballons, deux pour le nettoyage des capsules, deux pour la filtration, deux chimistes et un aide pour la polarisation, un homme pour la classification des betteraves mères, et deux personnes pour les nettoyages divers, au total vingt personnes occupées dix heures,

G. GRAS ET H. GALLONDE.

Expérience de M. Tribondeau sur la betterave de distillerie.

La culture de cette variété de la précieuse chénopodée (betterave à sucre) se montre sous un jour de plus en plus favorable ; elle deviendrait une source de revenus importants pour les cultivateurs, si la réalisation pratique du remplacement du pétrole d'Amérique par l'alcool de France était chose faite. On peut être assez optimiste pour envisager ce point comme réalisable, ce qui donne un attrait de plus aux expériences entreprises dans l'Oise en vue : 1° de rechercher la fumure convenable à la betterave de distillerie ; 2° a étudier l'influence des graines de diverses provenances sur la densité, le poids à l'hectare et, par conséquent, le revenu. Deux champs d'expériences établis dans le canton de Senlis ont fourni les résultats ci-après :

Champ d'expérience de Saint-Firmin.
Exploitation de Courtillet.

Avec le précieux concours de M. Léon Roland, ingénieur agronome, nous avons expérimenté 21 races de betteraves de distillerie. Elles ont

Digitized by Google

été faites sur un chaume d'avoine après betteraves fumées au fumier de ferme à raison de 40.000 kilog. par hectare, et ont reçu comme engrais de fonds 1.000 kilog. de crud d'ammoniaque à l'hectare.

La fumure complémentaire s'est composée toujours par hectare de :

900 kilogrammes		superphosphate minéral.
100	—	sulfate de potasse
400	—	nitrate de soude.

Les betteraves furent semées le 26 mai et arrachées le 15 novembre ; elles eurent à souffrir de la sécheresse des mois d'août et de septembre, mais profitèrent des pluies d'octobre. M. Roland estime qu'elles ont gagné au moins 6 à 8.000 kilogr. du 15 octobre au 15 novembre.

A l'arrachage, des échantillons de chacun des types ont été analysés en vue de la détermination de la densité, du sucre et du quotient de pureté ; des pesées séparées ont établi le rendement à l'hectare.

Toutes ces données sont consignées dans le tableau suivant :

Graines	Densité	Sucre p. 0/0 cc gr.	Quotient de pureté	Rendement à l'hectare kilogr.
Simon-Legrand (Rose)	6,1	13.04	80.38	34.080
Simon-Legrand (Blanche)	6,2	13.57	82.52	34.120

Avec ces éléments, il est facile de classer les graines suivant le poids, la densité, le produit argent. Ce dernier facteur a été déterminé en attribuant aux betteraves une valeur de 18 francs les 1000 kilogr. à 6° de densité avec augmentation de 0 fr. 50 par dixième en plus, diminution de la même somme par dixième en moins.

Argent produit par hectare.

Simon-Legrand (Blanche)	648 francs.
Simon-Legrand (Rose)	630 —

Champ d'Expériences de Montépilloy.

Dans le deuxième champ placé à Montépilloy M. Emile Roland a consacré tous ses soins à l'expérience. La parcelle qui a porté les betteraves se trouve située entre Montépilloy et Rully, à la limite géologique du calcaire grossier supérieur, et des sables et grès de Beauchamps. Le sol est néanmoins homogène et l'analyse chimique en a révélé la composition suivante :

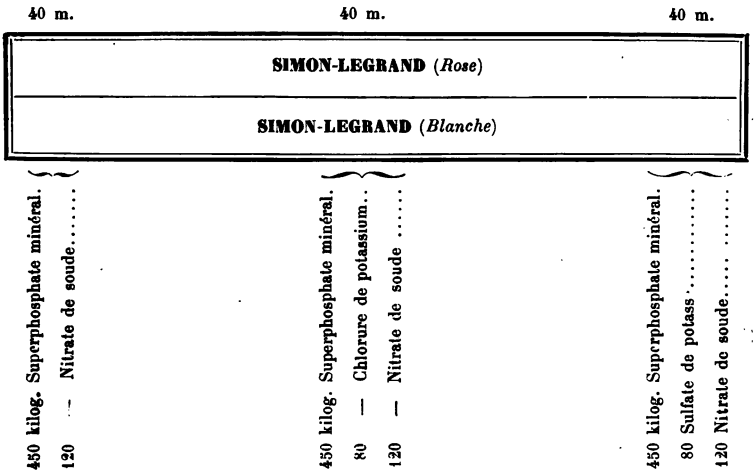
Digitized by Google

Azote.....	1,05 p. 1000		Riche
Acide phosphorique.	0,43	—	Très pauvre
Potasse totale.....	0,36	—	Excessivement pauvre
Chaux.....	3,08	—	Insuffisamment pourvu.

Comme fumure de fonds il fut réparti pendant l'hiver une forte quantité de fumier de ferme.

En même temps que nous avons étudié différentes graines, nous avons essayé sur ce sol excessivement pauvre en potasse l'action de cet élément sur le poids et la densité des betteraves, puis nous avons recherché l'influence de la potasse suivant les combinaisons qu'elle offre comme engrais (chlorure et sulfate).

Le tableau ci-dessous résume la disposition de l'expérience.



On voit à l'inspection que chaque variété était cultivée sur 15 ares, dont un tiers sans potasse, un tiers ayant reçu cet élément à l'état de chlorure, l'autre tiers à l'état de sulfate. La surface totale couvrait donc 1 hect. 20.

Les betteraves ont souffert nécessairement comme partout de sécheresse ; voici les poids à l'arrachage :

Variétés	Sans potasse		Potasse à l'état de chlorure		Potasse à l'état de sulfate	
	p. 5 ares	à l'hectare	p. 5 ares	à l'hectare	p. 5 ares	à l'hectare
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Simon-Legrand (Blanche)	1.910	38,200	2.070	41.400	1.900	38.000
Simon-Legrand (Rose)	2.030	40.600	2.390	47.600	2.020	40.500

Digitized by Google

La potasse produit donc principalement sous forme de chlorure de potassium un excédent de rendement très notable.

Voyons maintenant la densité :

Variétés	Sans potasse	Potasse à l'état de chlorure	Potasse à l'état de sulfate
Simon-Legrand (Blanche)	7.4	7.3	7.4
Simon-Legrand (Rose)	6.4	6.2	6.9

La potasse à l'état de sulfate est plus favorable à la densité.

Pour voir pratiquement à quel engrais il faut donner la préférence, il est nécessaire de faire le produit argent par hectare en se basant sur les prix précédemment adoptés.

Le poids moyen de betteraves produit avec le chlorure de potassium est de 42.875 kilogr. avec une densité de 6.6 ce qui porte le prix des 1.000 kilogr. à 21 francs, et le produit total à 900 fr. 37 par hectare. Le poids moyen de betterave produit avec le sulfate de potasse est de 38.337 kilogr. avec une densité de 6.9, ce qui porte le prix des 1.000 k. à 22 fr. 50 et le produit total à 862 fr. 58 par hectare.

L'*avantage reste donc au chlorure de potassium.*

Classement suivant le poids (moyennes des trois formules d'Engrais).

Simon Legrand (Rose) 42.900 k. à l'hectare.
Simon Legrand (Blanche) 39.200 k. d°

Classement suivant la densité (moyennes des trois formules d'engrais).

Simon Legrand (Blanche) 7,3
Simon Legrand (Rose) 6,5

Classement suivant le produit argent par hectare.

Simon Legrand (Blanche) 960 fr.
Simon Legrand (Rose) 879

Ces résultats présentent une certaine similitude avec ceux obtenus l'année dernière sur l'exploitation de M. Nazard à Warnavillers, et qui ont été publiés. Espérons qu'ils rendront service à la cause agricole.

J. Tribondeau,
professeur départemental d'agriculture.

Digitized by Google

Champ d'expériences pour betteraves de M. Masclet, à Loison.

BETTERAVES DE DISTILLERIE

Parcelles de 8 ares. — Distance des lignes, 40 cent. — Distance des planets sur la ligne, 32 à 33 cent. — Plantée à l'are 800.

Noms des variétés	Rendement à l'hectare	Poids moyen de la racine	Poids moyen du lot analysé	Densité du jus	Sucre au décilitre	Sucre pour 100 de betterave au coefficient 95	Pureté	Sucre à l'hectare
	kg.	gr.	gr.		gr.	gr.		kg.
Simon Legrand R D. 251	54.000	675	645	6.5	14.03	12.51	82	6.755
Simon Legrand B D. 252	37.937	474	550	7.1	15.20	13.48	80	5.109

Attestations.

P. Porion et Cie
distillateurs,
à Wardrecques
(P.-de-C.)

Wardrecques, le 10 novembre 1899.

Monsieur J. Simon Legrand,

Nous possédons votre lettre à laquelle nous répondons bien volontiers.

Vos betteraves de distillerie à collet rose nous ont donné une densité de 6 à 6 1/2.

Les riches de sucrerie 7 1/2 à 8.

Vous pouvez compter sur notre commande comme les années précédentes.

Nous vous en ferons la composition en temps utile.

Agréez, etc.

Signé : P. Porion et Cie.

Distillerie de l'Abbaye du Verger,
par Oisy-le-Verger
(Pas-de-Calais.)
Gromez frères et Cie.

L'Abbaye-du-Verger, le 27 octobre 1899.

Monsieur J. Simon Legrand (Bersée).

Nous possédons votre honorée du 26 courant.

En réponse, nous venons vous informer que la partie de betteraves

Digitized by Google

plantée avec vos graines nous a donné, à la date du 5 courant, une densité de 6,2 en moyenne avec un rendement d'environ 50.000 kilos à l'hectare.

Elle est un peu racineuse mais cette conséquence nous parait difficile à éviter.

Actuellement cette betterave, par suite du temps, ferait 7°.

Nous avons donc satisfaction.

Nous vous présentons nos saluts empressés.

Signé : Gromez frères et Cie.

La Villeneuve, par Betz (Oise), ce 21 novembre 1899.

Monsieur J. Simon Legrand,

En réponse à la demande que vous me faites au sujet de vos betteraves de distillerie, je puis vous dire que j'en suis satisfait ; elle a fait comme poids 48.000 kilos et comme densité 6°,2.

Veuillez agréer mes civilités.

Signé : Collinet.

Digitized by Google

LABORATOIRE DE CHIMIE AGRICOLE & INDUSTRIELLE

Fondé en 1879

L. DEFEZ
A. DEBRAISNE
Successeur
RUE DES ÉCOLES
A LAON-GARE
(Aisne)

Laon, le 24 Mai 1899.

Bulletin d'Analyse

DE BETTERAVES

Échantillon remis par M. J. SIMON-LEGRAND, Agriculteur à Vivaise.

Nombre de Racines 6
Poids Moyen (racines non décolletées) . . . 0k 425

Cent Kilos contiennent :		Un Hectolitre de ce Jus contient :	
Sucre cristallisable (Méthode Pellet)	14k 450	*Sucre cristallisable*	17k 445
Sucre incristallisable	0 225	*Sucre incristallisable*	0 340
Cendres alcalines	0 795	*Cendres sulfatées corrigées* .	0 535
Matières organiques . . .	7 800	*Matières organiques*	1 860
Eau	76 730	*Eau*	87 320
	100k 000	*Poids de l'Hectolitre*	107k 500
Litres de jus contenus dans 100 kilos de betteraves . .	82lit 83	*Degré de pureté du Jus* . . .	86 44
Degré du jus à + 15° centigr.	7° 6	*Coefficient salin*	32 60

Signé : A. DEBRAISNE.

Digitized by Google

LABORATOIRE DE CHIMIE, FONDÉ EN 1868

18, Rue de Baudreuil, à St-QUENTIN (Aisne)

A. VIVIEN

Expert-Chimiste

Officier d'Académie

Chevalier du Mérite Agricole

Saint-Quentin, 24 Mai 1899.

Certificat d'Analyses

BETTERAVES

Échantillon envoyé par M. J. SIMON-LEGRAND, à Vivaise

Nombre de Racines	*Pivotantes*	5
	Racineuses	0
Poids Moyen		0k 400

Cent Kilos contiennent :		Composition du Jus par Hectolitre	
Sucre (dosage direct)	14k 50	*Sucre*	17k 08
Glucose	0 29	*Glucose*	0 50
Matières organiques diverses.	7 53	*Cendres*	0 58
Matières minérales (cendres alcalines)	0 84	*Matières organiques diverses.*	2 80
Eau	76 84	*Eau*	87 04
	100k 00	*Poids de l'Hectolitre*	108k 00
Proportion de Jus en volume.	84lit 88		
Proportion de Jus en poids	91k 67	*Acidité (exprimée en SO^4H^2).*	0 11
Rendement en Sucre raffiné °/₀ kilos	10 39	*Quotient de pureté (Vivien).*	81 46
Densité du Jus à 15° c.	8° 00	*Quotient salin*	29 20

Signé : VIVIEN.

Digitized by Google

LABORATOIRE DE CHIMIE

INDUSTRIELLE & AGRICOLE

Paul WIDIEZ

Chimiste-Expert Agréé

Place des Wantiers, 5, et Rue Ile-Hollande

(près la Grand'Place)

A VALENCIENNES

Valenciennes, le 24 Mai 1899.

Bulletin d'Analyse

DE BETTERAVES

Monsieur J. SIMON-LEGRAND,
Ferme de Vivaise, par Besny-et-Loizy (Aisne).

J'ai l'honneur de vous remettre ci-dessous, le résultat de l'analyse de Betteraves, que vous m'avez confiée le 20 Mai 1899.

Étiquette : **Envoi de M. J. SIMON-LEGRAND,** *Six Betteraves.*

Cet Échantillon contient :

Densité à + 15° T.	6°8	
Sucre cristallisable par hectolitre de Jus	14 70	Méthode indirecte.
» » *par 100 grammes de Jus* . .	13 83	Méthode indirecte.
Sucre cristallisable par 100 kilos de betteraves. .	13 50	Méthode directe Pellet.
Cendres sulfatées.	0 783	
Matière sèche réelle par dessication à l'étuve. . .	17 50	

Remarques :

Poids moyen de la racine	0k 400
Quotient de pureté réel	84 00
Coefficient salin	18 77

Betteraves de belle forme, pivotantes, de conservation parfaite ayant une richesse saccharine en rapport exacte avec la densité.

Signé : Paul WIDIEZ.

Digitized by Google

LABORATOIRE DE CHIMIE

POUR LE COMMERCE, L'INDUSTRIE ET L'AGRICULTURE

E. DURIN

67 — Rue de Richelieu — 67

PARIS

Paris, le 25 Mai 1899.

Bulletin d'Analyse

N° 14,769

Échantillon de Quatre Betteraves, remis par M. J. SIMON-LEGRAND.

Poids des 4 Betteraves. . . 1,660 grammes
Poids moyen . . . . . 415 »

RÉSULTATS :

Densité du Jus : 1,072 à 15° Température

	Volume du Jus	Poids du Jus	Poids de Betteraves
Sucre . . .	15 18	14 16	13 17
Glucose. . .	0 31	0 29	0 27
Cendres . .	0 50	0 47	0 44
Eau	89 57	83 55	77 71
Inconnu . .	1 64	1 53	1 41
	107 20	100 00	93 00

Coefficient salin. 30 36
Coefficient organique. 7 88
Quotient de Pureté. . . . . 0·861
Valeur proportionnelle 12 19

Signé : E. DURIN.

Digitized by Google

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS

STATION AGRONOMIQUE

Rue Saint-Nicaise

Directeur :

M. PAGNOUL

9, Rue du Jeu-de-Paume

ARRAS

4e Série
Numéro 7,824

Arras, 26 Mai 1899.

Échantillon de BETTERAVES

remis le 22 Mai, par M. SIMON-LEGRAND, Ferme de Vivaise, par Laon (Aisne).

Marque : 5 Racines ayant passé l'hiver en silo
Poids moyen . . . . . 383 gr.
Densité du Jus à 15° . . . 7° 8

Sucre au Décilitre de Jus	(A)	17 17
Sucre pour 100 grammes de ce Jus		15 92
Sucre pour 100 de Betterave (Analyse Directe)	(B)	14 85
Coefficient pour passer de A à B		93 23
Pureté apparente		83 00
Pureté réelle		85 00
Sec pour 100 de Betterave		22 90
D'où Eau		77 10
Insoluble pour 100 de Betterave		5 95
D'où Jus total		94 05
Azote pour 100 de Sec		0 98
Ou pour 100 de non desséché		0 224
Ou en Matières Azotées		1 400

Signé : M. PAGNOUL.

Digitized by Google

LA

Sucrerie Indigène

ET COLONIALE

Revue Hebdomadaire

DE TECHNOLOGIE, COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Organe des intérêts de la Sucrerie et de la Distillerie

FONDATEUR : H. TARDIEU

PROPRIÉTAIRE-GÉRANT : P. TARDIEU

RÉDACTEUR EN CHEF : Emile LÉGIER

Rédaction et Administration : 14, rue de Bellefond, Paris, IX

PARAIT LE MARDI DE CHAQUE SEMAINE

CONDITIONS D'ABONNEMENT

L'Abonnement part du 1er de chaque mois

FRANCE, COLONIES FRANÇAISES ET BELGIQUE. 25 FR. PAR AN.
AUTRES PAYS ET COLONIES..... 28 FR.

L'abonnement est payable d'avance par un mandat de poste ou par un chèque sur Paris. — Dans le cas contraire, un mandat est présenté à domicile, en ajoutant 0,50 c. pour frais de recouvrement, pour la France, la Belgique et la Hollande.

PRIX DU NUMÉRO : 50 CENTIMES

Les annonces sont comptées à 60 cent. la ligne. On traite à prix réduit pour l'année, pour 6 ou 3 mois

Paris. — Typ. A. DAVY, 52, rue Madame. — *Téléphone.*

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY

This is the date on which this book was charged out.

DUE 2 WEEKS AFTER DATE.

DEC 18 1912

[30m-6,'11]

Digitized by Google

YC 18316

Lenox
203228

Digitized by Google

Digitized by Google